

欧州造船業概況調査

JSCアニュアル調査シリーズ2012年度

2013年3月

日本船舶輸出組合
ジャパン・シップ・センター
一般財団法人日本船舶技術研究協会

はじめに

世界造船市場は2008年のリーマン・ショック以降低迷期に入っていたが、ここ1～2年、徐々にではあるものの、新造船船価や新造船需要が回復しつつある。

しかしながら、造船好景気時に契約された大量の新造船に加え、ここ数年の中国及び韓国における造船能力の飛躍的な増強により、造船市場において深刻な需給不均衡が生じている。今後とも途上国経済の進展に伴い世界の海上荷動量は増加していくとはいえ、この構造不況がすぐに解消される見込みは乏しく、造船市場は今後も世界的な過当競争にさらされていくこととなるであろう。

欧州造船業についてみても、いくつかの造船業事業者は商船建造分野からの撤退や業種転換、それに伴う雇用調整の実施など、経済危機・造船不況の影響を大きく受けている。さらに、ギリシャ・南欧財政危機をはじめとする欧州系金融危機の影響により、欧州金融機関による造船業への融資は非常に厳しい状況となり、業況に大きな影響を与えている。

また、欧州造船業はこれまで大型旅客船やオフショア分野など高付加価値船舶の建造を得意としてきたが、世界的な需要減少に伴い、アジア各国の造船会社も、一般貨物船等に比べて比較的堅調な需要がある高付加価値船舶分野への進出を図っており、欧州造船業界及び関係各国等は強い危機感を有している。

さらには、洋上再生可能エネルギー分野など新分野開拓に向けて欧州造船所も参入機会を探っている状況である。

本調査は、このような欧州造船業に係る関連情報の収集・評価を通じて、欧州造船業の環境を軸にした最新のトレンドについて明らかにすることを目的として実施するものである。

ジャパン・シップ・センター

目次

要旨	1
1 はじめに.....	7
1.1 背景	7
1.2 調査の目的	7
1.3 調査の範囲.....	7
1.4 分析の枠組み.....	10
1.5 トレンド	11
1.6 市場の可能性の評価方法	12
1.7 レポートの構造	14
2 EU の造船業界の現状	15
2.1 造船バリューチェーンの当事者	15
2.2 現在のヨーロッパの造船業の競争力	22
2.3 EU 造船業の研究、開発、イノベーションの特徴	28
2.4 客船のセグメント	32
2.5 浚渫船.....	39
2.6 結論	42
3 市場主導によるトレンド.....	44
3.1 トレンド 1: 燃料効率およびコスト削減.....	44
3.2 トレンド 2: 環境意識と CSR (企業の社会的責任)	58
4 規制が生むトレンド.....	63
4.1 トレンド 3 : NO _x 削減	64
4.2 トレンド 4 : SO _x 削減	71
4.3 トレンド 5 : CO ₂ : EEDI、SEEMP および IMO で議論されている施策	78
4.4 トレンド 6 : バラスト水と沈殿物の処理.....	83
5 その他の推進役	85
5.1 トレンド 7 : 洋上再生可能エネルギー	85
5.2 トレンド 8 : 北極地域	96

要旨

背景と調査の目的

世界的な競争と新規企業の市場参入を受けて、ヨーロッパの造船と船用機器産業は高度に革新的なセクターに発展した。今日、ヨーロッパ造船業界はクルーズ船、浚渫船、その他専用船など高価値で構造が複雑な船舶の分野をリードしている。同時に、ヨーロッパの船用機器産業も競争優位を維持している。

しかし、現在の経済危機は競争に拍車をかけ、そして競争の激化によりヨーロッパの立場が脅かされている。同時に、グリーン経済の拡大に伴う規制要件を満たす必要性や、その他の要因を背景に市場には新たな課題や機会が生まれつつある。ヨーロッパの造船業界が効果的に組織され革新の可能性が実現されれば、ヨーロッパの造船産業は経済成長、雇用の創出、付加価値および資源効率にすぐれた持続可能な未来に寄与することができる。

本調査の主たる目的は、造船その他の分野のグリーン化によるヨーロッパ造船産業のトレンドについて評価し、市場価値を含めて詳細を明らかにすることにある。

市場機会を生み出すグリーン化の8つのトレンド

本調査では3つのカテゴリーの8つのトレンドについて評価を実施した。具体的には、市場トレンド（トレンド1&2）、規制トレンド（トレンド3, 4, 5, 6）、その他のトレンド（トレンド7&8）である。トレンドの中には潜在的な市場や阻害要因の面で重複するものがある。例えば、燃料効率とコスト削減の市場トレンドは、CO₂削減の規制トレンドとある程度重複している。

市場トレンドは規制面からの直接的な圧力がない場合でも、企業行動に変化をもたらす。行動の変化によりコスト面で優位に立ったり、市場戦略に変化が生じることがある。市場要因の例として、環境問題に対する消費者や企業の意識の向上が挙げられる。財務面の圧力に迫られて企業が行動を改めることもある。

1. 現在のところ造船業界のグリーン化の最大の要因と見なされているのは、*船舶の燃料効率の向上によるコスト削減の要請*である。燃料価格の上昇に加え、規制措置（条約に規定するエネルギー効率設計指標（EEDI）が下限。後述のトレンド5を参照）などを受けて、燃料効率の高い新型船舶の登場が予想されており市場の可能性は大きい。燃料効率にすぐれたシステムと代替燃料に基づくソリューションという2つの分野で市場の伸びが期待されている。新造船の潜在市場は大きい、必ずしも既存の需要に上乗せされるとは限らない。新型船舶はすべて、燃料効率の向上が見込まれるからである。（コ

ンテナ船など)一部の分野で見受けられるように、燃料効率を理由に船舶の世代交代が加速する可能性もある。しかし、世界中の既存の船舶は建造から比較的日子が浅いため、この点を定量化することは困難である。改修については、燃料価格の高騰が続けば燃料効率の良さが「証明された」ソリューションの市場機会が拡大するだろうが、市場規模は貿易ルートや導入される技術がどの程度複雑かに左右される。

2. 環境についての意識の向上と企業の社会的責任(CSR)への関心の高まりにまつわる市場の可能性は、最終消費者に近く、しかも環境面での荷主のグリーンなイメージがその会社の市場での立場に寄与する市場で大きな力を発揮する。しかし、投資対効果が明確でなければ、船舶の環境面の実績を高めるグリーンな技術への投資意欲は限られる。現実には、投資家が行動を起こすのは他の複数の要因にも対応する場合が普通である。

規制面のトレンドは企業行動に直接、間接的に変化をもたらす。規制面のトレンドがコンプライアンス要件を規定するからである。規制要因の例には、国際海事機関(IMO)マルポール条約とバラスト水管理条約がある。これらのトレンドの潜在的な影響は次の通りである。

3. NOxの軽減に向けた規制トレンドの市場の可能性は重要である。米国における船舶からの大気汚染物質放出規制海域の設定 NOx による 2030 年までの潜在的市場は総額で 70-90 億ユーロに達すると推定されている。ヨーロッパの NOx 排出規制海域がバルト海、北海、地中海に設定されれば、更に 90-120 億ユーロの市場が創出される可能性がある。この潜在的市場は新造船だけにあてはまり現存船は含まれない。
4. 現在のヨーロッパの SOx 排出規制海域(SECA)を基にした SOx の削減技術の世界の潜在的市場は 2030 年までに 100-310 億ユーロに達すると推定されている。地中海も SECA に指定された場合、70-180 億ユーロの上乗せが見込まれる。短期的(2020 年まで)には改修(現存船が SECA で航海できるような設備の設置)が主流だが、その期間を過ぎると新船の建造需要が主体になるだろう。
5. CO₂ 排出規制に伴う世界の潜在的市場は 2015 年以降年間約 30 億ユーロ、2030 年には年間 100 億ユーロに達すると見られている。市場の増大は世界の船舶数の増加と年を追って EEDI が強化されることに伴うものである。この推定額は、燃料効率の市場トレンドの下で目標とされる燃料効率対策に基づく市場規模の下限である。
6. バラスト水及び沈殿物の処理について、IMO は 2004 年に船舶のバラスト水及び沈殿物の規制及び管理のための国際条約を採択した。(批准に向けてあと数カ国の署名待ちの)この条約が発効すれば、新造船と現存船ともに条約の遵守が義務付けられる。世界の船舶数を考慮すると、2013-2020 年の世界の市場規模は総額で 250 億ユーロに達する可能性がある。

三つ目のカテゴリーには新規市場の創設や新たなビジネスチャンスをもたらす一連の要因が含まれている。本調査では、洋上風力発電設備の建設を後押ししている再生エネルギー政策に加え、気候変動で北極の氷山が氷解したことによる北極地域での石油やガスの掘削

や海運ルートを主な要因として挙げている（ただし、後者自体はグリーン化の要因ではない）。

7. 洋上再生エネルギーはグリーン化の大きな流れであり、ヨーロッパの風力発電計画だけをとっても今後 10 年間の世界の潜在的市場は総額で 190 億ユーロ、1 年で 20 億ユーロ程度に上ると推定されている。この数値は、設置船、ケーブル敷設船、（保守、スタッフの宿泊施設、スタッフの移動用）サポート船舶、修理船をはじめとして発電計画の建設と運営に必要な船舶数、および基礎構造（ジャケット）、プラットフォーム、その他の設備の建造を基にはじき出したものである。洋上風力発電の取組みはアジアや北米でも実施されており、市場の可能性が更に拡大することも考えられる。
8. 北極航海ルートの開発にまつわる機会を探るためには、砕氷船やアイスクラス船が必要となる。2020 年までの世界全体の市場規模は砕氷船にして 15-20 隻、金額にして年間 4 億ユーロに達すると予想されている。さらに、貨物船と洋上の石油とガスの掘削向けのアイスクラス船の需要も生じ、年間 5 億ユーロの上乗せが見込まれる。

下表は全てのトレンドと推定市場規模をまとめたものである。8 つのトレンドを合計すると、EEDI が定めた最低水準を上回る燃料効率トレンドに伴う市場規模、さらに環境に対する意識の向上と CSR による（ある程度の）市場規模を除いた 2020 年までの世界の市場規模は、年間当たり最低で 125-155 億ユーロに達する見通しである。この市場規模のうち、NOx と SOx の削減などトレンド間の重複を念頭に置くことが必要である。

表 ES.0.1 世界のグリーン化が造船産業にもたらす市場の可能性

	市場のトレンド		規制のトレンド			その他のトレンド		
トレンド	1	2	3	4	5	6	7	8
	燃料効率	環境への意識向上と CSR	NOx	SOx	CO ₂	バラスト水	洋上風力発電	北極関連
主な要因	燃料価格	イメージ	規制	規制	規制	規制	エネルギー政策	気候変動
市場規模*	大	限定的	2-3	2-4	3	2.5	2	0.9
関連市場								
新船	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
改修	✓	✓		✓		✓	限定的	限定的

* 2020 年までの年当たりの推定市場規模（10 億ユーロ）

世界の他の地域に対する EU の産業のポジション

問題は、ヨーロッパの造船所が世界的な需要をどの程度確保できるかにある。一般的に、ヨーロッパの造船産業は（クルーズ船、浚渫船、オフショアの一部などの）ニッチ市場における高度で高価値の船舶の建造と質の高い船用機器で競争力を誇っている。さらに、他の産業でもヨーロッパ全域のエコが重視され、それが造船にも波及して社内や企業間の知識の移転に役立っている。地理的にいくつかの地域に企業が集中していること、過去の実績に基づく企業間の信頼などにより、バリューチェーン全般にまたがって各種企業が関与しイノベーションに寄与している。

ヨーロッパの造船産業は総じて、資金調達やスキルの面で出遅れているが、この 2 つはヨーロッパの他の工業部門でも見受けられる。造船については、ヨーロッパ以外でも大規模な市場の可能性が予想されている。ヨーロッパの船用機器メーカーは輸出に強いものの、最終顧客（船主）からは距離的に離れており、主要貿易ルートに近い造船所と競合するだけに、世界的なグリーン化の波においてヨーロッパが占める改修の機会は限られよう。（砕氷船、各種船舶、洋上風力発電所の建設など）新たな市場セグメントの一部ではヨーロッパは優位にあるが、（設置船など）すべての下位セグメントで実績を上げているわけではない。

世界市場における機会と上述の長所や短所に照らして、各トレンドについての EU のポジションは次のようになる。

*燃料効率に対する需要（トレンド 1）と CO₂ 排出削減の取組み（トレンド 5）*に関して、EU の造船業界は比較的優位にあると考えられる。該当する技術分野のほとんどに対し、ヨーロッパの機器メーカーは競争力を有し、EU 以外のサプライヤが皆無に近い分野もある。大半の種類の船舶はヨーロッパ以外で建造されており、ヨーロッパのサプライヤには輸出の可能性はあるが、バリューチェーンにおける連携はヨーロッパ域内ほど強くない。したがって、船用機器メーカーにとっての市場の可能性は、ヨーロッパ以外の大手造船所が自製するか購入するかの判断に左右される側面もある。

しかし、今後数十年間の主要トレンドの 1 つと見なされているこの市場には、他国も積極的に取組んでいる。このトレンドはビジネスチャンスというよりも必要に迫られたものである。他の造船国も燃料効率の高い船舶を増やすと見られることから、世界の造船地域において新船建造がヨーロッパに有利になるとは考えられない。

*環境に対する意識の向上と CSR(トレンド 2)*についても、EU の産業は優位にあると思われる。EU では環境に対する一般の人々の意識が比較的高く、「環境にやさしい船」への域内の需要を刺激したり、（船主と地元のサプライヤとの）新たな連携につながる可能性がある。

さらに、高価値の船舶は環境面での追加コストを「吸収」しやすく、このトレンドの影響を受ける多くの分野（燃料効率、空気汚染など）でヨーロッパの船用機器産業は優位に立っている。

ヨーロッパの産業は *NOx 削減*（トレンド 3）の分野で数々の技術革新を行ってきた。ヨーロッパのサプライヤは液化天然ガス（エンジン大手の MAN と Wärtsilä はヨーロッパを拠点とするが、アジアの競合企業も有力）と SCR システムの供給（複数の中小企業が活躍）でリードしている。

SOx の削減（トレンド 4）では、EU のメーカーが LNG と集塵技術に必要なシステムを開発している。ヨーロッパ域外にも複数のサプライヤが存在する。

EU 企業は *バラスト水と沈殿物処理*（トレンド 6）の面でも相対的な優位にある。2011 年 11 月現在、54 件のシステムが IMO における基本承認や最終承認を得ていたが、そのうちの 16 件について EU を拠点とする企業が、5 件について欧州経済圏（EEA）を拠点する企業が占めていた。この分野では中小企業、大企業ともに複数のヨーロッパ企業が活躍している。

EU の造船産業は *洋上再生エネルギー*（トレンド 7）の供給で総じて優位にあるものの、セグメント間ではばらつきがある。洋上風力エネルギーに関するほとんどの船舶タイプでヨーロッパは優位である。唯一の例外は設置船の分野であり、現在までにヨーロッパで建造された船舶の総数は少数に留まり、関与したヨーロッパ企業もごく少数に過ぎない。ただし、アジアの造船所で設置船が建造される場合に、ヨーロッパの設計事務所が関与することは多い。これとは対照的に、開発されたケーブル敷設船の数はかなり多く、開発されてから年月が経ったケーブル敷設船の種類も多く、（エネルギーグリッドや通信など）他の分野でも活用されている。既存の研究は、ヨーロッパの造船所がこの市場で大きなシェアを占める可能性を指摘している。他には基礎構造（ジャケット）、プラットフォーム、その他の構造のセグメントが存在する。ここでは、大規模プラットフォームを中心にロケーションが重要な要因になる。なぜなら、製造拠点が計画された設置場所に近くないと、輸送コストが膨大な額に上るからだ。このため、洋上風力発電の拠点に近いヨーロッパの造船所が有利と見られている。

現在稼動している砕氷船の 60% はフィンランドで建造されており、*北極海航路*（トレンド 8）の開発はフィンランドにとって絶好のチャンスとなる。主要顧客であるロシアと戦略的提携関係を結べば、優位を維持するのに役立つだろう。

総合的に判断して、グリーン化に伴う成長の可能性はヨーロッパの産業にかなりの恩恵を

もたらず模様である。競争力を基に推定すると、世界市場に占めるヨーロッパのシェアは15%~50%に上る。ヨーロッパの機器メーカーは技術開発でリードし多くのシステムを導入しており、(燃料に占めるCO₂、NO_x、SO_x、バラスト水など)複数のグリーン市場において競争優位を誇っている。域外との競合は、主に燃料に占めるCO₂の分野に限られている。洋上風力市場についてはヨーロッパに実績がない分野もあり、洋上風力市場におけるヨーロッパのポジションはまちまちである。一方で、域内の風力発電所の需要は高く、一部の洋上構造物の建設で競争優位をもたらすだろう。

景気が低迷する中、世界中の造船所が受注に奔走するとみられることから、グリーン市場が発展するにつれEU以外のメーカーの関心も高まる見通しである。ここでも、CO₂削減CO₂市場で最も激しい競争が予想される。NO_x、SO_x、風力などは市場が局地的なのに対し、燃料に占めるCO₂は世界共通の課題だからである。主な競合国の支援プログラムはこの分野に特化している。

世界中が燃料効率の高い船舶へとシフトする中、ヨーロッパの造船所への需要もその動きを反映したものになるだろう。改修工事(SO_x、はるかに限定的だがバラスト水と後付の燃料効率向上技術)による新たなニッチ市場が新たなビジネスチャンスとして考えられる。洋上風力エネルギーにより新たな機会も生じるが、すべての船舶タイプに一律に寄与するものではない。

船用機器サプライヤにとって、グリーン化する世界市場は多くの面で良好あるいは絶好のチャンスをもたらしている。実際、ヨーロッパのサプライヤの出発点は比較的良好である。しかし、バリューチェーンに占める立場を反映して、ヨーロッパの支配は限られ、余剰能力を有する外国の競合企業がシェア獲得に動くだろう。燃料効率の分野は市場の可能性が大きく全ての種類の船舶に影響が及ぶことから、競争が特に熾烈である。

1 はじめに

1.1 背景

今日、ヨーロッパはクルーズ船、浚渫船、その他の専門船といった複雑で高価値の分野をリードしている。同時に、ヨーロッパの船用機器産業も巧みに競争力を築き維持している。

2008年以降の経済危機により造船産業の発展に歯止めがかかった。需要は落ち込み、キャンセルや納期延期も相次いでいる。その結果、経済危機の当初に比べ手持ち工事量は大きく減少してしまった。このため、造船所と船用機器メーカーを含め世界（そしてヨーロッパの）造船業界は短期的に圧迫されるだろう。

将来的には、ヨーロッパの造船業界に新たな課題とビジネスチャンスが生じると考えられる。EUと各国の政策当局、さらに一般の人々の間でも次第に持続可能性を求めて環境に優しい製品やサービスを求める声が広がってきている。規制面でも市場においても、こうした動きが伺え、ヨーロッパの造船業界に新たなチャンスを生む。上手に生かされれば、ヨーロッパの造船業界のイノベーションは経済成長、雇用、付加価値とともに、資源効率にすぐれた持続可能な未来に貢献することができるといえる。

本章では調査の目的と範囲について説明すると共に、EUの造船セクターのグリーンな成長機会を分析する枠組みも取り上げる。

1.2 調査の目的

本調査の主要目的は「グリーン化のトレンド」を明らかにすることである。ここで言うグリーンとは環境への悪影響の低減を目標とするか、低減につながる規制や市場の動向を意味する。グリーン化のトレンドのほとんどは造船ではなく、むしろ環境に配慮した海運の動向におけるものであり、それが（船用機器を含む）造船業界に直接影響を及ぼす。

1.3 調査の範囲

この調査のテーマは多岐に渡っているが、具体的な成果と推奨事項を確実なものにするために、調査の範囲と重点分野を更に絞り込んでいる。主な課題は次の通りである。

欧州連合の造船セクターの定義

ヨーロッパの造船産業には造船所（新造船、修繕）と船用機器産業の両方が含まれる。新造船と改修の両面を取り上げ、商船建造を調査対象とした。また、プレジャー船舶や河川用船舶は含まれない。

欧州連合の造船セクターの定義は主として、地理的条件に基づいている。このため、（所有権にかかわらず）EU 内の経済活動に伴う雇用や付加価値を取り上げるほか、関係がある場合は EU 外²で生じた EU 造船業の付加価値も検討する場合がある。

グリーン化のトレンドと成果

この調査では EU の造船業のグリーンな成長機会を分析する。市場のグリーン化の動きとそれによりビジネスチャンスをもたらす要因は複数あるものの、必ずしも「グリーンな」要因とは限らない。同様に、特定の要因が市場にもたらす結果も必ずしも「グリーン」である必要はない。グリーンとグリーンでない要因とグリーンとグリーンでない結果の違いを下図に示した。

図表 1.1 グリーンな成長の要因と結果

EU の造船業に影響を与える結果

	グリーン	特にグリーンではない
グリーン 要因	1	2
特にグリーンではない 要因	3	4

出典：Ecorys

本調査の目的からして、調査の範囲として以下の（可能な）組み合わせが考えられる。

² 例；EU の造船会社が機器を EU 外でライセンス生産させた直接のライセンス収入を通じて

1. グリーンな結果を招くグリーンな要因：温室効果ガス排出の具体的な（グリーンな）削減目標を掲げるエネルギー効率設計指標（EEDI）はその一例であり、造船業界にも関係するグリーンな結果をもたらす。このカテゴリーでは特に2種類の要因をカバーしている。

- 市場ベースの要因（例：燃料コスト、企業のマーケティング政策やCSR政策としての「グリーン」）

- 規制に基づくグリーンな要因（例：EEDI、SOx と NOx の排出規制海域）

2. 必ずしもグリーンでない結果を招くグリーンな要因：これには環境面の目標（再生エネルギー指令）など、EU 造船業界にとって新たな市場機会をもたらす要因が含まれる。しかし、（洋上風力発電機を建設する供給船の需要増大など）こうした市場機会自体は必ずしもグリーンではない。このカテゴリーにおいては、（グリーンな成長トレンドによる造船産業の機会という）調査の目的に沿って規制対象の要因のみを検討する。さらに、気候変動そのものはグリーンな要因ではないが、気候変動という要因も取り上げる。気候変動に伴い、今後 10 年間で専門船に対する市場の需要が増える可能性がある。例えば、氷床が溶ければ北極での石油やガスの採掘が可能になる。（ロシアの北の）北海航路が航行可能になれば、貿易ルートの変更が見込まれる。いずれの場合も、砕氷船の需要が拡大するだろう。

3. 必ずしもグリーンでない要因がグリーンな結果を招く：ここでは市場ベースの要因だけを取り上げる。純然たるビジネス上の判断からコスト削減を理由に燃料効率が高い船舶に投資することがグリーンな結果を生む場合などが、例として考えられる。

グリーンでない要因がグリーンでない結果を招く（図の第4枠）はこの調査の範囲外とする。

第1のカテゴリーの規制要因のうち、本調査では今後10年間に造船業に影響を与えるとみられる環境法制の主要分野に焦点を当てる。下記がその分野となる。

1. （CO₂を中心とする）温室効果ガス排出規制³
2. NOx 排出規制
3. SOx 排出規制
4. バラスト水管理

重点分野の選定

EU の造船産業全般にまたがって分析を行うが、第一の目的は産業全体を俯瞰することではなく、産業にとっての具体的なビジネスチャンス特定することである。それ

³ これが燃料効率の高い船舶の需要を促す市場要因（第3枠）と密接に結びついていることは明らかである。

には、EU の造船業の様々な分野の業務プロセスとバリューチェーンの動きを理解することが必要となる。

ただし、プロセスや動向は船舶の種類や機器の構成部品によって大きく異なる可能性がある。このため、造船セクター全般の総合的な分析に加えて、次の2つの市場セグメントについて詳細な分析を実施する。

- 客船（クルーズ船とフェリーの両方）
- 浚渫船

上記2点はEUにとって重要なセグメントであること、そして世界の他の地域と比較してEUに競争力があることから選出された。

この2つのセグメントに加え、環境面から重視される次の分野について具体的かつ詳細な分析も実施する。

- 洋上供給船の建設とタービンプラットフォームやジャケットの組立を含めた、洋上風力発電の動向
- NOxの規制技術、及びあらゆる種類の船舶に関係するその規制設備

1.4 分析の枠組み

ヨーロッパの造船産業の市場可能性がどのように決定され、複数の要因にどのように影響されるか、に沿って分析を行う。グリーンな市場の可能性の評価の根本には外部要因と外因性の要因が存在する。外部要因にはEUの造船セクターにとってグリーンな成長市場の機会をもたらす可能性のある要因が含まれている。外因性の要因はこうした市場機会とそのスピードを左右する。これには、海運や新船への世界の需要、原油価格、経済成長などの要因が含まれる。

外部要因と外因性の要因ともに新型船舶と改修船、船用機器の需要を生む可能性がある。しかし、需要を阻む要因もあり、潜在需要を損なうおそれがある。例えば、新たな規制が実際に導入されるかどうか不確かな場合、企業は新型設備の購入に二の足を踏む。他の阻害要因にはバリューチェーンにおけるインセンティブの不一致や燃料価格の不透明感があり、返済時期を不確かにする。

阻害要因はヨーロッパとその他の地域両方の産業に影響を及ぼす。産業の対応の仕方や造船業の外部の枠組みの状態が対応にどう影響するかを知ることが重要である。産業内部の対応要因の例として産業構造、現在の知識基盤、様々な企業のイノベーション戦略などが挙げられる。企業自身が対外要因の変化に巧みに対応できるかどうかは、

これらの側面に左右される。枠組みの状況とは資金の有無、環境政策、イノベーション政策などである。

1.5 トレンド

本調査では対外要因に焦点を当ててトレンドを市場要因、規制による要因、他の要因に大別する。

*市場によるトレンド*は規制による直接的な圧力がなくても、企業行動の変化につながる。行動の変化はコスト優位や市場戦略の変更につながることもある。市場要因の例として、環境に関する消費者や企業の意識の向上が挙げられる。財務面での圧力から企業が行動を変えることもある。本稿では次のトレンドを分析する。

- トレンド 1：燃料効率とコスト削減
- トレンド 2：環境についての意識と CSR

*規制によるトレンド*はコンプライアンスの要件を定め、直接的、間接的に企業の行動に変化を促す。規制要件の例には IMO のマルポール条約やバラスト水管理条約などがある。本稿では次のトレンドを分析する。

- トレンド 3：NOx の削減
- トレンド 4：SOx の削減
- トレンド 5：CO₂：EEDI、船舶エネルギー効率管理計画（SEEMP）+ IMO で検討中の経済的手法
- トレンド 6：バラスト水と沈殿物の処理

第 3 のカテゴリーには新たな市場の創設やビジネスチャンスをもたらす *他の要因*が含まれる。この調査では、洋上風力発電所の建設を促す再生エネルギー政策とそれ自体はグリーンな要因ではないが、気候変動に伴う北極の氷の氷解で北極地域の石油やガスの採掘と海運の機会が生じていることを 2 つのトレンドとして取り上げた。

- トレンド 7：洋上再生エネルギー
- トレンド 8：北極

市場の可能性と阻害要因の点で一部のトレンドは重複することに留意されたい。例えば、トレンド 1（燃料効率とコスト削減）はトレンド 5（規制措置による CO₂ の削減）とある程度重複する。本稿ではこうした重複の可能性に十分注意している。

1.6 市場の可能性の評価方法

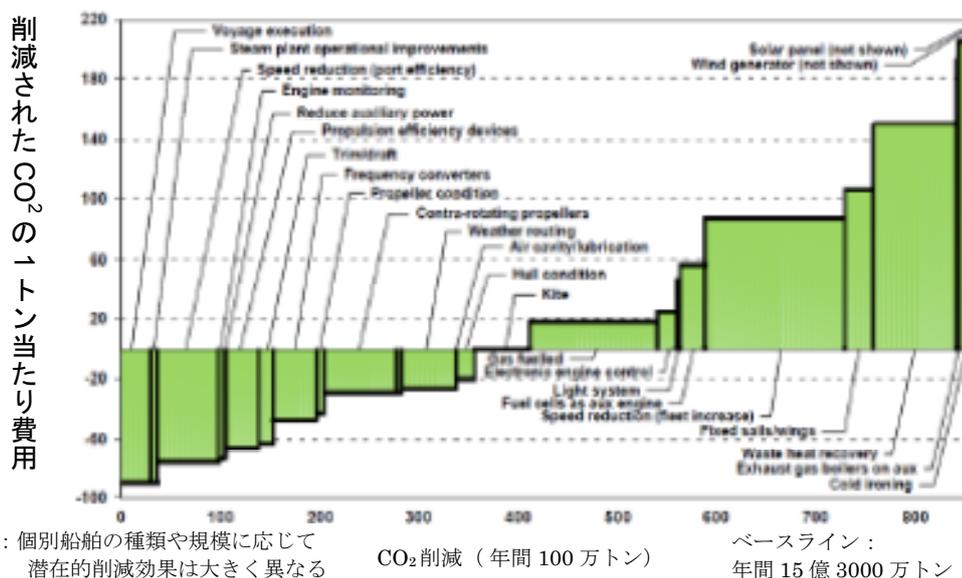
この調査はグリーン化のトレンドと造船所と船用機器メーカー双方の潜在市場を特定し、既存の阻害要因の重要性や他の地域と比較したヨーロッパの産業の競争力を評価することを目的に実施した。

(NO_x, SO_x, CO₂、バラスト水の) 環境規制による潜在的な市場は法制化に直接由来するため、設定される規制基準（現行および近未来の基準）とその効果的な実施に左右されるところが大きい。これらの規制はすべて、革新的な技術を開発する機器メーカーはもちろん造船所にとっても潜在的な市場を生み出す。船主は相対的に最低のコストで排出を削減するために、最も費用対効果の高い手段を選ぶのが普通である。費用対効果に沿ったランク付けすると、限界削減費用曲線（MACC）が得られる。コラムに例を示した。

Box 1.1 CO₂ 排出の各種削減策の費用対効果

DNV は IMO に代わって、各種技術の潜在的な削減効果を評価した。下図は費用対効果の高い対策⁴がある一方で、経済的な魅力が依然として乏しいものがあることを示している。しかし、これらは平均であり、各船舶の実際の削減効果に大きなばらつきが出る可能性があることに留意されたい。

対策毎の CO₂ の平均限界削減量 - 2030 年の世界の船団（既存と新造）



出典：DNV(2011)、船舶のCO₂排出-技術ソリューションと潜在的な削減効果。Eirik Nyhus、2011年3月

⁴（関連する燃料消費の結果）削減された1トン当たりのCO₂のコストがマイナスの場合、船主に直接の恩恵をもたらす可能性がある。

グリーン要因の潜在的な市場を推定するため、限界削減費用曲線を活用して具体的な船舶の種類に最も効果的な対策を評価した。CO₂ 要因については、IMO が開発した曲線を利用した⁵。排出規制海域（ECA）の設置により地域が定められ、現時点ではヨーロッパ（SO_x 排出規制海域）と米国（NO_x 排出規制海域）だけに存在する NO_x と SO_x の潜在的市場の評価には、欧州委員会環境総局（Bosch 2009）向けに実施された分析を活用した。本調査では、2008年にIMOが定めた規制の実施による費用対効果分析を実施した（Box1.2を参照）。燃料に占める硫黄の上限とNO_xの排出基準の強化による総合的なコスト評価から投資と運営コストを除外して、潜在的な将来の市場規模の情報を得た。将来の市場の伸びの推計はIMOに準拠している(2009年)。

Box 1.2 SO_x と NO_x の潜在的市場の推計方法

Boschは複数の削減案の費用単価を基に（バルト海と北海の硫黄排出規制海域と検討中である地中海など）異なる地域のNO_xとSO_x削減のコストを計算した。推定コストは投資費用や運営費用、および様々な技術の利用時間に関する推計に基づいている。計算された各シナリオについて、様々な技術や新造船と改修の違いなどを考慮して高コストと低コストから総費用を割り出した。

この調査では計算されたコストの数値を潜在的な市場の規模の推定として使用している。特に、スクラバー（SO_xの排出削減）シナリオとSCR(NO_xの排出削減)シナリオのコストに関するデータを使用している。

出典：Bosch(2009)、EC1999年第32指令改正版の費用対効果分析

3段階のステップにより、潜在市場をフルに実現するうえでの主な阻害要因が特定された。これらを3つのグループに大別した。

- 技術の発展を阻む要因
- 技術のスケールアップを阻む要因
- 需要の表面化を阻む要因

（燃料効率、環境への意識、NO_x、SO_x、CO₂、バラスト水、洋上風力、北極という）特定された8つのグリーン市場のそれぞれについて、この阻害要因分析の結果を当てはめた。阻害要因はイノベーションの3つの段階に応じて分類されている。

- 技術開発とイノベーションの供給
- スケールアップと実践的学習
- 技術に対する船主と海運会社の需要

⁵ IMO, (2010), CE Delft ほか(2009), IMO (2009).

なお、世界中の当事者に影響を与える一般的な阻害要因と EU の事業者限定の要因を区別している。

1.7 レポートの構造

第 2 章以降、EU の造船産業の現状を概観し、バリューチェーンで活動する各種事業者、イノベーションの可能性、EU 産業の現在の競争力について取り上げる。第 2 章では、EU の造船産業の立場を更に浮き彫りにするためにヨーロッパの得意分野である「客船」と「浚渫船」について詳しく説明する。

その後の章では主なグリーン化のトレンドについて、次の点を評価する。

グリーン要因 – 機会をもたらす

市場の可能性

阻害要因

技術開発を含めた EU の業界の反応

グリーン化のトレンドは別の章でも分析している。第 3 章では燃料効率とコスト削減、環境に対する意識と CSR の市場トレンド（トレンド 1 と 2）を取り上げる。第 4 章では NOx と SOx の削減、CO₂ 関連の対策、バラスト水の管理について規制によるトレンドを見ていく（トレンド 3-6）。第 5 章では洋上再生エネルギーと北極という他のグリーン化のトレンド（トレンド 7 と 8）を取り上げる。

2 EU の造船業界の現状

EU の造船産業がグリーン化による成長の機会を活用できるどうかは、現在の業界の状況次第である。様々な当事者との接触を含めたバリューチェーンの構成と現在のイノベーションの可能性を含めた競争力が、EU の産業の将来の対応力にとって不可欠である。

EU の造船業界は多様であり、幅広い市場セグメントに対応している。この章ではまず、造船バリューチェーンに関わる各種の当事者を評価する（セクション 2.1）。セクション 2.2 では、ヨーロッパの造船の競争力を取り上げ、セクション 2.3 で研究開発やイノベーションの特徴を見ていく。

この調査では客船と浚渫船という 2 つの市場セグメントを詳しく取り上げる。セクション 2.4 と 2.5 で、この 2 つのセグメントの現状を詳述する。

2.1 造船バリューチェーンの当事者

図表 2.1 に造船バリューチェーンの主な当事者を示した。それに続く本文では、イノベーションプロセスにおける固有の役割を含めた各当事者の主な役割を説明する。

図表 2.1 造船業のバリューチェーン



設計事務所

設計概念は船舶の運航効率に不可欠なことから、設計事務所は重要な役割を果たす。設計事務所は通常造船所と共同で（または造船所の一部として）造船所や船主が定めた運航基準に合致する船舶を設計する。大型船舶の所有会社や運航会社が設計を行う場合もある。

設計事務所は（場合によっては研究所、船級協会、バリューチェーンの他の当事者の研究開発や設計部門と協力して）特定のイノベーション（例：船体の設計）に着手す

る。船用機器メーカーと協力して共同開発プロジェクトに参加する設計事務所も増えている。こうしたイノベーションが市場に流通するかどうかは、船主や造船所との接触次第である。技術が確立されていない新たなイノベーションについて、船主は概してリスク回避の傾向が強く技術の普及を阻んでいる。

その反面、競合相手との差別化を図るため、造船所が新しい設計を採用（または内部で開発）することがある。

一部の設計事務所は船級協会と提携している。場合によっては、船級協会が設計事務所の役目を果たすこともある。設計事務所と船級協会が協力すれば、船舶建造に役立つプロジェクト前のコンサルティングに技術/調査スタッフの知識や経験を活かすことができるメリットがあるが、船級協会が定めた基準に阻まれて設計者の革新が制限され、革新的な設計が妨げられるという考えを持つ人もいる。一方で、船級協会と提携すれば、技術革新が迅速に認可されるという大きな利点がある。

Box 2.1 IMPROVE — 設計者への支援

EU の第 6 次研究枠組み計画（FP6）に基づく IMPROVE プロジェクトの主たる目的は、設計プロセスの初期の段階で構造、製造、運航面、性能、安全基準を同時に革新的に考慮する高度な設計シンセシスと分析技術を用いることで、複数の基準にまたがる総合的な意思決定環境で 3 つの新しい船舶の設計を開発することにあつた。このプロジェクトでは、新世代の LNG タンカーとケミカルタンカー、および大型 Ro-Pax の革新的なコンセプトに重点が置かれた。

出典:<http://www.improve-project.eu/>

船用機器メーカー

船用機器産業は船舶の総合的な性能や運航コストを左右する特定のコンポーネントを通じてイノベーションに寄与する。一般的に、機器サプライヤは技術革新の担い手とみなされている。機器調達に現代の船価の 50–70%（以上）を占めており、造船における船用産業の役割は大きい。決定的な証拠はないものの、主要船用機器メーカーの研究開発費の分析を見る限り、船用機器メーカーの研究開発費は造船所よりも多額に上っている⁹。

船用機器メーカーは大半の技術革新を社内で行い、内部資金で手当てする傾向がある。特に、短期の製品開発（開発と発売に 1–2 年）は社内で行われることが多い。事業の存続には技術革新が欠かせないが、知識漏洩への懸念（財産権の侵害リスク）から

⁹ ECORYS(2009)、「ヨーロッパの造船産業の競争力に関する研究」(表 5.4)参照

社内で技術革新を行う傾向がある。特に中小企業は社内での技術革新を好む傾向がある。中長期にわたって通用する特定の工法や技術の開発を目指し、(大手を中心とした) 船用機器サプライヤが他の企業や大学や研究機関と提携関係を結ぶ場合もある。

船主と造船所に対する船用機器サプライヤの役割は、提携モデルによっても異なる。一般的に、高度な船舶の場合、バリューチェーンの当事者間で緊密な提携関係が求められるが、標準的な設計の場合は船用機器メーカーの役割はさほど目立たない。(船舶の運航コストや性能は造船所よりも船主にとって重要性が高いため、)¹⁰ 場合によっては船主が機器メーカーの選択を大きく左右することもある。修繕の場合、船用機器メーカーが船主と直接業務を行うため、イノベーションにおける船用機器メーカーの役割が不可欠である。MAN や Wärtsilä などの大手船用機器メーカーはヨーロッパ以外の造船国にも積極的に進出し、現地の造船所と共同研究を実施している。

Box 2.2 韓国の産業とヨーロッパのメーカーの協力

韓国はデュアル燃料システムの研究開発や MAN と Wärtsilä との協力により、エネルギー効率重視の姿勢を強めている。韓国のエンジンメーカーである斗山は、世界中で建造されている船舶の 4 隻に 1 隻は同社のエンジンが使用されていると述べている。斗山の事業の発端は MAN や今は Wärtsilä の傘下に入った企業とのライセンス契約にある。他のサプライヤや韓国船級協会をも巻き込んだ造船所とエンジンメーカーの多様な研究開発プロジェクトは、様々な出力レンジのエネルギー効率の改善につながると期待されている。

出典：マリン・プロパルジョン誌、2011 年 8/9 月号、p.141-148

Box 2.3 風力タービン市場に乗り出すシーメンス

シーメンスはデンマークの A2SEA 向けに COSCO 南通で建造されるジャッキアップ式洋上建設船に電気推進システムを供給する。この船は完成した風力タービンを 8~10 機搭載でき、最大水深 45 メートルの海域での建設が可能である。シーメンスは 2010 年に A2SEA の 49%の株式を取得した。

Wärtsilä の推進装置が搭載され排出規制海域で運航できる同様のプロジェクトがノルウェーの Aker Solutions でも計画されている。

出典：マリン・プロパルジョン誌、2011 年 8/9 月号、p.155、2011 年 4/5 月号

船用機器メーカーの多くは造船業界だけを相手にビジネスをしているわけではないので (ロールスロイス、MAN、Wärtsilä などのエンジンメーカーは陸上輸送、発電所

¹⁰ この点については海運会社と船主の利害が異なるインセンティブの相違の問題 (第 3 章) を参照。

など他の市場にも製品を供給)、他の産業で培った知識を造船業界に生かすことができる。

さらに、製品の直接販売よりも保守やライフサイクルのサポートを柱とするビジネスモデルに移行しつつある船用機器メーカーもある。この場合、機器単体よりも（推進システムなどの）システムを提供する高度なシステム統合を組み合わせている場合が少なくない。こうした動きはロールスロイス、Wärtsilä、Imtechなどの企業で見られる。この流れは世界同時経済危機への対応という側面もあるが、顧客に対し市場で恒久的な地位を確保しようというビジネス戦略でもある。と同時に、船主や造船所の需要が機器単体よりもシステムに移行していることの表れでもある¹¹。最後に、これは造船全般におけるアウトソーシングの動きにも関係し、特定のシステムに関する責任の一部を造船所は船用機器のサプライヤに移転できる。

船用機器業界には多数の中小企業が存在する。ヨーロッパには 5,000~7,000 社が存在すると見られているが¹²、産業を問わず中小企業にありがちな資金調達や研究開発の実用化の難しさなどの問題がこの業界でも指摘されている。多くの産業の中小企業を対象に行った調査で、研究開発とイノベーションの面で「資金調達」のニーズが最も高いことが明らかになった¹³。

船用機器メーカーのイノベーションのポテンシャルは高いものの、イノベーションの実用化に際して独特の難問に直面している。これは、造船業のグリーン革命を阻む（規制の不確実性などの）要因によるところもあるが、船主や海運会社の利害の対立やリスク配分/リスク回避によるものでもある。この点については、第 4 章を参照されたい。

造船所

現在の経済危機を受けて新造船の需要は落ち込み、市場は「売り手」市場から「買い手」市場に変化した。これに伴い、イノベーションの重点も「安全策」である効率や信頼性、性能、標準化、コスト削減に置かれている。この戦略はアジアの造船所が大きなシェアを占めているコンテナ船、タンカー、バルカーなど対象とする造船所に特に広まっている。しかし、Damen などヨーロッパ企業の一部もこの戦略を採用しており、同種の（小型または大型）船舶の建造を狙って新型船舶の開発を進めている。標準化と船舶のシリーズ生産により建造コストが抑えられ、継続的な改良と段階的な

¹¹ デンマーク海運局(2011)、「革新的なグリーン船舶の設計」参照

¹² バランス・テクノロジー・コンサルタンツ(2000)、EMEC、CESA

¹³ 欧州委員会(2010)、「中小企業の第 7 次研究開発枠組み計画への参加に関する中期報告」ブリュッセル、2010 年 9 月 27 日

イノベーションが可能になる。

造船所の中には、需要の低迷に影響されにくい市場セグメントへの差別化やニッチ市場への専門化を図るところもある。実際、ヨーロッパでは 10 年以上にわたって多くの造船所が主に後者の戦略を追求してきた。この点を踏まえると、造船所が洋上風力エネルギーなどの新しい市場セグメントに関心を示すのも理解できる。

造船所はイノベーションに関してシステムインテグレータの役割を果たし、サードパーティや船用機器のサプライヤのイノベーションを船舶の総合的な設計と建設に結集させ、市場の需要と(燃料)効率の向上を反映した新しい船舶の設計やイノベーションを推進している。イノベーションの頻度や程度は生産される船舶がどれほど標準化されているかに左右される（大量生産対特注の船舶）。

Box 2.4 船舶の設計を最適化するダーメン

船体（Axe Bow など）、エネルギーを節約する空気潤滑船（燃料を 15%削減し、平均的な内陸水路輸送（IWT）会社なら年間最大 40 万ユーロのコスト削減が可能といわれる IWT の設計が進行中）、推進および補助システムに関する新たなコンセプトの開発を目指して、ダーメンは MARIN、デルフト工科大学、海運会社と共同で船舶の動きを研究している。

ヨーロッパでは、(多くの船は特注で顧客の需要を基に建造されるため) 専門的な(高価値の) ニッチ市場では総じてイノベーションが活発である。技術の発達により、こうした専門の造船所が市場のシェアを維持できる。例えば、IHC は市場の予測、イノベーションにより実現可能な各種の機能、ライフサイクルの機会などを考慮しつつ、ロードマップを活用してどのイノベーションを追求するか決定する。複数の技術を結集することが造船所の競争力の確立に欠かせないため、同社は主にプロセスのイノベーションを追求する。こうした造船所は船用機器メーカー、大学、研究機関との共同プログラムを設立して船舶の動きや特性を研究する。関係者がある地域に集中すると、貴重な知識を養ううえで強みとなり、他の地域への知識の漏洩に歯止めがかかる。また、船用機器メーカーはヨーロッパの大手の造船所がシステムインテグレータとして存在し、船用機器メーカーが開発した新しいコンセプトを機器の輸出に先立って実証する重要性を指摘している。

研究開発費を見ると、状況はまちまちである¹⁴。ヨーロッパの造船業は（生産額に対

¹⁴ ECORYS (2009)、「ヨーロッパの造船産業の競争力に関する研究」第 5.3.1 章

して) 研究開発の割合が比較的低いが、国によって状況はかなり異なっている¹⁵。アジアでは韓国と日本の研究開発の割合が比較的高い反面、中国は建造される船舶の総数に対して研究開発費が限られている¹⁶。明らかに、これは研究開発の仕組みが異なることと関係がある(社内での研究開発に対して、研究開発のアウトソーシングやイノベーションの直接購入)。企業レベルになると状況は逆転し、フィンカンティエリやIHCが研究開発に比較的多額を支出しているのに対し、韓国の大手造船所の研究開発費は比較的小額である。

Box 2.5 ヨーロッパの船舶および造船技術のブレークスルー (BESST)

BESST の戦略目標は中長期の将来を見越して、ヨーロッパの造船所の競争力を継続的に確保し高めることにある。ヨーロッパは人件費が比較的高い以上、ライフサイクルコストを低減したり環境への影響を大幅に抑制する一方で、安全性を高めることでヨーロッパ製の船舶の競争力を高めることが狙いである。

クルーズ船、客船、フェリー、メガヨットを中心に付加価値が高く、複雑かつ特殊な船舶の分野に焦点が置かれている。このプロジェクトはEUの第7次枠組み計画の投資を受けている。Fincantieriがコーディネーターを務め、プロジェクトのパートナーにはMeyer Werft、Kockums、BAランス・テクノロジー・コンサルティング、チャルマーズ工科大学、Diginext、DNV、GLなどが名を連ねている。

出典 : <http://www.besst.it/>

船主

船主は造船業のバリューチェーンにおける主たる意思決定者である。購入ひいてはイノベーションへの投資の可否を決定するのは船主である。当然ながら、投資先を決定するのも船主である。2008年の新造船全体の需要の半分以上(52%)を占めたのはヨーロッパの船主だが(当時の世界の受注総額に占めるヨーロッパの造船所の割合は13%に留まった)¹⁷。一方、アジアの海運会社の台頭に伴い、アジアの船主の増加が予想される。

売り手市場から買い手市場にシフトしていることから、船主の立場は一段と強くなっている。この結果、船舶にどのようなイノベーションを施すかを船主が大きく左右するようになる可能性がある。船主がエンジンその他特定の船用機器の種類やブランドまでも指定し、これらに関する技術革新の導入を承認する。グリーンなイノベーショ

¹⁵ ドイツとノルウェーは研究開発の割合が比較的高いが、イタリアとオランダは低い。

¹⁶ 第6章も参照

¹⁷ 2008年の数字。ECORYS(2009)「ヨーロッパの造船産業の競争力に関する研究」。最近のデータは入手できなかった。

ン投資への関心度は船主のビジネスモデルと意思決定に大きく左右される（設備投資対運転費用、CSR、自社運航かチャーターかなど）。こうして船主は上述したグリーン要因に大いに影響されるが、同時に、燃料価格の動向をめぐる不透明感、インセンティブの相違、規制をめぐる不透明感、実証されていない技術に対するリスク回避などの阻害要因にも大いに影響される。（阻害要因についての詳細は第3章と4章を参照）。新しい技術に対する船主のリスク回避と同様に、新船の建造に資金を提供する銀行もリスク回避志向が強い。

船主が海運会社でもある場合、船主が造船所や船用機器メーカーと緊密に協力してイノベーションを導入する傾向が強まっている。この点で、知識クラスターの存在は有利である。

海運会社

海運会社は実際に船舶を使用して貨物や人を運んだり、その他のサービスを提供する。客船、浚渫船、オフショア船の場合、海運会社が船主である場合が多い。すなわちバリューチェーンにおける意思決定者が減ることになり、新たなイノベーションの導入にはプラスに働く。船主にとっては投資費用とともに燃料コストも重要であるため、エネルギー効率を高め運転費用を削減するイノベーションの導入を納得してもらいやすい。

バルカーやコンテナ船など他のセグメントでは海運会社が船主であることは少なく、両当事者の関心事も異なる。船主が投資費用を重視するのに対し、海運会社は燃料コストを負担せねばならない。こうして船用機器メーカーは関心事がかけ離れている両当事者と交渉することになり、技術革新の導入が難しくなる一方で海運会社の意向が建造の過程に反映されない。

荷主

荷主は貨物を運搬する海運会社を選定する。決定を大きく左右するのはコストである。しかし、近年「エコ」についての認識が重要性を増し、一部の荷主の意思決定に影響を及ぼすようになってきている。例えば、「グリーンな」船舶での貨物輸送を求める荷主もいる（第3章のコラム3.1の環境船舶指数を参照）。このように荷主が船主に対して船舶の「グリーン化」の圧力をかけ、技術革新を実現することがある。

一部の船用機器メーカーは荷主のこのような力があることに気づき、新たな戦略として船主のほかに荷主にも接触して革新的な新製品やシステムについての情報を提供するようになった。荷主が新製品やシステムに興味を示せば、船主への販売に役立つ

からである。このように船用機器メーカーは（荷主の）需要を喚起して、船主に革新的な製品への投資を納得してもらうのである。

船級協会

船級協会は造船業界の基準を定めルールを監督する点で重要である。原則的に、船級協会は船内の製品やシステムが法規を遵守しているかどうか検査する。船舶の設計や建造に関する技術的な基準を定めて適用し、船舶と主力システムを幅広く調査する。大手船級協会は DNV、ロイド・レジスター、ドイツ船級協会、日本海事協会、イタリア船級協会、ABS である。

近年は船級協会が船舶のグリーン化に向けたイノベーションの導入の面で積極的な役割を果たすようになってきている。DNV は大島造船所と共同で、液化天然ガスを燃料に重量を 50%削減したバルク船を設計するエコシップ 2020 プロジェクトに着手した¹⁸。ロイド・レジスターも上海を拠点とするベストウェイ・マリーナ・エンジニアリング・デザインと同様の研究を行っている。さらに、船級協会は特定分野の知識が豊富なことから、他の研究開発プロジェクトでも提携し始めており、イノベーションが更に進む可能性がある。ロイド・レジスターは急速に発展する「グリーンな」技術を船舶に安全に応用し統合する方法を発表している。LNG や燃料電池など代替燃料や将来のエネルギー源の応用に特化したロイドの研究に特に関心が集まっている¹⁹。

従来の船級協会は最終製品が船級の規定を遵守しているかどうかを決定する立場であったが、今では設計事務所、造船所、船用機器メーカーとの接触を強化して、船舶の燃料効率を高めて運転費用を削減するイノベーションや動向について意見を交換している。この過程でイノベーションの原動力になる可能性があるが、ビジネス上の利害と規制面の任務のバランスに十分配慮することが必要である。

2.2 現在のヨーロッパの造船業の競争力

造船需要と経済危機

ヨーロッパの造船所はすでに何十年にもわたり、特にアジアの企業との熾烈な競争にさらされてきた。まず 1950 年代から 60 年代にかけて日本の造船所が世界の造船市場に登場し、1970 年代から 80 年代は韓国勢、1990 年代からは中国勢も加わっている。この結果、ヨーロッパではタンカーやバルカー、コンテナ船の建造からほぼ全面的な撤退を余儀なくされた。EU の造船業界はクルーズ船、オフショア船、設置船、

¹⁸ マリン・プロパルジョン誌、2011 年 8/9 月号、p.93

¹⁹ <http://www.lr.org/sectors/marine/Researchandtechnology/index.aspx>.

浚渫船など複雑で高価値の船舶に特化することで対応した。革新的な特殊船舶の建造においてヨーロッパの造船業界は依然として競争力を維持している。同時に、ヨーロッパの船用機器メーカーも複雑で高価値の機器コンポーネントをリードしている²⁰。

2008年に始まった現在の世界経済危機は、世界の造船業界を圧迫し世界的に需要が落ち込んだ。世界の造船所は現在の建造能力を抱えて、他の高価値の分野への参入をはじめ様々な形で対応した。高価値の分野も経済危機の影響を受けたものの、バルカーやタンカー、コンテナ船などのマスマーケットほど需要は落ち込んでいない。これまで以上に、ヨーロッパの造船業の今後の見通しは競争力を維持し複雑で高価値の分野に移行できるかどうかにかかっている。

需給分析を見ると、経済危機が契機になった可能性はあるものの、船舶数と新規受注に対する輸送需要の伸び悩みとのアンバランスはすでに何年も前から発生していたようである。実際、造船業は非常にシクリカルな産業であり、次の後退局面に入る直前だった。世界金融経済危機はこの傾向に拍車をかけたにすぎない。造船業がシクリカルな産業である反面、現在の経済危機は過去の景気後退よりも深刻で長期にわたる可能性があり、造船業界にますます大きな課題をつきつけている。1930年代の「大恐慌」に例えられることも少なくない²¹。

現在の危機を受けて、造船業界が生き残るために克服すべき課題がいくつも生じている。(限られた数の)新規受注をめぐる争いが激しさを増すことは明らかである。最近発表された統計によると、ヨーロッパの造船所の2011年前半の受注は2010年をやや下回り、受注残はさらに減少している(図表2.2を参照)²²。2011年前半の受注には少数の造船所が受注した複数の大型案件が含まれていることから²³、造船所の中には近々受注残がゼロになるところが出てくるだろう。そうなれば、構造調整が(一段と)進み、弱小の造船所は淘汰されるだろう。2005年の受注と比較すると、EU27カ国の造船所のシェアは大幅に低下している。造船は資本集約型の産業であり、景気回復の兆しが表れるまで高価値の資産を維持する必要があるため、事業を継続できる造船所は十分な資本調達力が必要である。

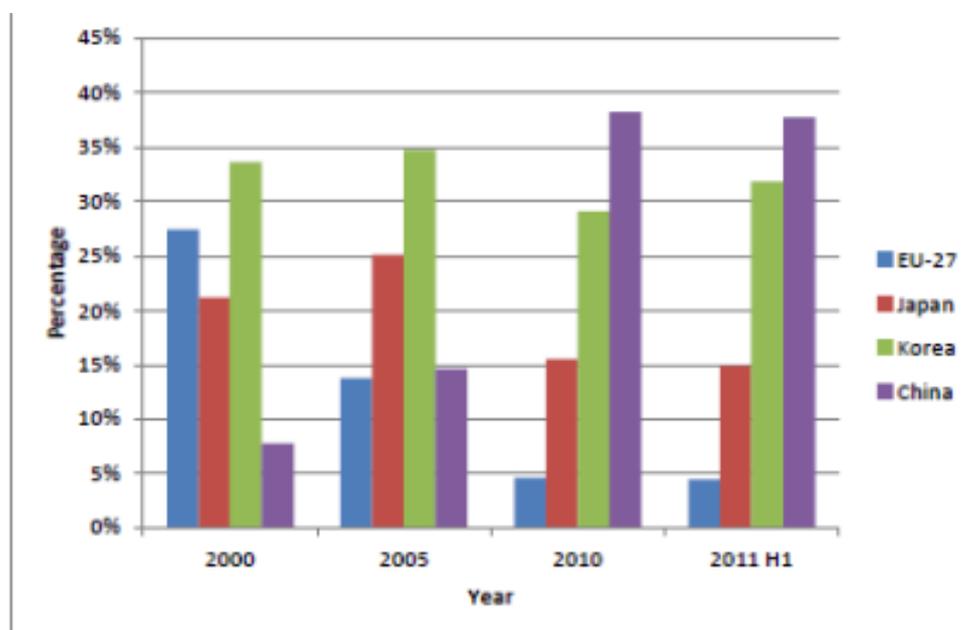
²⁰ ECORYS (2009)、「ヨーロッパの造船産業の競争力に関する研究」参照

²¹ 経済協力開発機構(OECD)(2011)、「造船市場の特徴の変化」を参照

²² CESA(2011)、造船市場監視報告第24号、2011年9月

²³ CESA(2011)、造船市場監視報告第24号、2011年9月

図表 2.2 世界の受注のシェア



出典：CESA 造船市場モニター、2011 年 9 月、Ecorys が算定

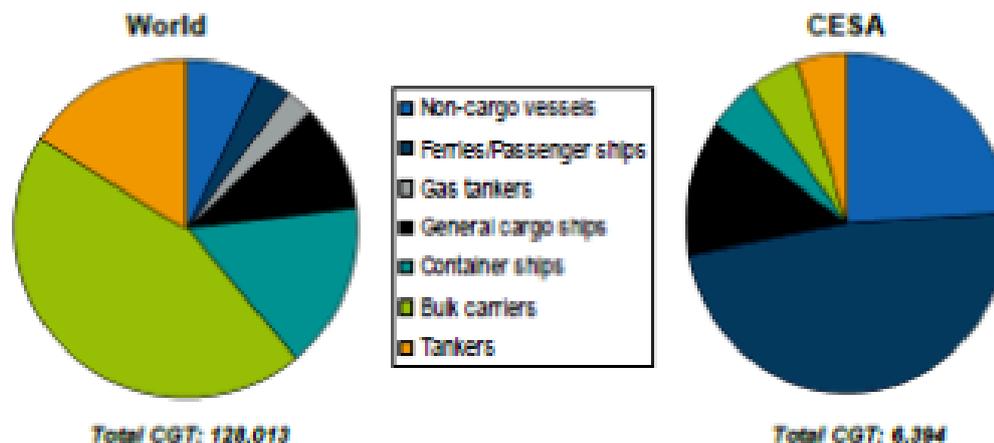
これと平行して、船舶の所有も世界の他の地域にシフトしている。かつては世界の船舶の 50%以上をヨーロッパが所有、管理、運航していたが、近年ヨーロッパのシェアは徐々に低下している。このため、世界の他の地域の顧客に対するヨーロッパの造船所の依存度がいずれ高まるおそれがある。

ヨーロッパの造船産業のセグメント化

ヨーロッパは高価値の特殊船舶の分野で優位を占めている。この中には高度な専門化と複雑な建造工程が特徴のフェリーや客船、非貨物船、一般的な貨物船が含まれる。更に、(大量に生産されるバルク船とは対照的に) 同じ種類の船舶の建造数も限られている。ヨーロッパは(クルーズ船とフェリーを含めた)客船の建造で 77%、非貨物船では 17%のシェアを誇っている。(標準貨物船換算トン数 (CGT))で見ると、世界の受注に占めるこれらの分野のシェアは比較的小さい。しかし、これらの分野は比較的高度な特徴を備えており、価値の面で見ればシェアはずっと高くなる。

図表 2.3 は 2010 年の世界の受注残と欧州造船工業会 (CESA) 加盟造船所の受注残を船舶の種類別に示したものである。2011 年前半の受注と竣工の数字は EU のシェアが低下したことを示している。

図表 2.3 船舶の種類別世界の受注残と CESA 加盟造船所の手持ち工事量 (CGTx1000) (2010)



出典：CESA 造船市場モニター、2011 年 9 月、Ecorys が算定

注：他の非貨物船は軍艦を除く。豪華ヨットの算入は不十分²⁷

ヨーロッパは高価値市場で常に優位を維持してきたが、高価値市場の競争も激化している。これまでヨーロッパの独壇場だったクルーズ船などの分野でも、高度化を進めようとするヨーロッパ以外の競合他社の事例が報告されている。

船用機器

船用機器のサプライヤと造船所の間には密接な関係がある。技術の進歩に伴い、造船所への供給産業としての船用機器産業の役割は大いに高まっている。1970 年代には造船の仕事の大半は造船所で行われていたが、今では船用機器の割合は船価の 50-70%、特殊船舶の分野では 70-80%に達することもある²⁹。ヨーロッパの船用機器業界は推進装置、荷役、通信、自動化、環境や保安システムに定評がある³⁰。これらの機器はヨーロッパで建造される複雑な船舶だけでなく、顧客の依頼を問わずアジアの造船所からも船隊の質と一貫性、保守などを確実にするために引き合いが多い。

造船業界と比較して船用機器部門は多彩であり、(自動車、航空機など)他の産業でも活発に事業展開する企業が含まれている。船用機器部門は輸出が盛んな反面、複数の大手企業は顧客であるアジアの造船所に近いアジアのメーカーにライセンス供与して製造を委託している。ヨーロッパの船用機器メーカーの中には、人件費に限らず

²⁷ 新造ヨットの登録が不十分なため豪華ヨットは統計に十分反映されていない可能性がある。したがって、この分野の実際のシェアは本稿の数字よりも高くなる可能性があるものの、実証はできていない。

²⁹ Ecorys (2009)

³⁰ Ecorys (2009)

設置過程の効率化を目指して（ライセンス供与の代わりに）顧客である造船所に近いアジアに生産設備を移転したところもある³¹。この動きは競合する造船国の現地調達要件にも対応したものだ、この結果、ヨーロッパの船用機器サプライヤの輸出が脅かされるおそれがある³²。船用機器業界内部では統合が一段と進んでおり、主要コンポーネントの大手メーカーが自社開発や買収で隣接機器の技術やスキルを獲得したり、単一のコンポーネントを提供する代わりに次第にシステムの統合や供給を行うようになってきている。アフターセールスの保守やサービスまで含めた総合サービスによるライフサイクルソリューション全般を提供するケースも見られる。

造船所同様、新造船の需要の落ち込みは船用機器のサプライヤにとっても痛手である。しかし、造船業のアウトソーシングが増加傾向にあること（高価値の船舶を中心に船用機器の需要が増大）や、船用機器サプライヤは世界中の造船所に納品しており、ヨーロッパの造船所の市場シェアの低下による影響が小さいことから、船用機器メーカーへの影響はやや少ない見通しである³³。しかも、船用機器メーカーは機器の交換や修理サービスを通じて保守市場にも進出しており、新製品の購入に比べて需要の変動の影響を受けにくい。最後に、船用機器メーカーは他の分野でも活発に事業を展開している企業が多い（単一の市場の影響を受けにくい）。

修繕・改修・改造造船所³⁴

造船を行う造船所のほかに、修繕や改修、改造を専門に行う造船所もある。ヨーロッパでは少なくとも 16 カ国でこうした事業が行われている。この分野で積極的に事業を展開する造船所の多くは北西ヨーロッパにあるが、地中海沿岸にも存在する。

ヨーロッパにおける修繕・改修・改造の 2010 年の売上は 63 億ユーロに上った。後述の数値は売上高をヨーロッパの国別に示したものである。修繕・改修専門の造船所と改造専門の造船所は区別していない。

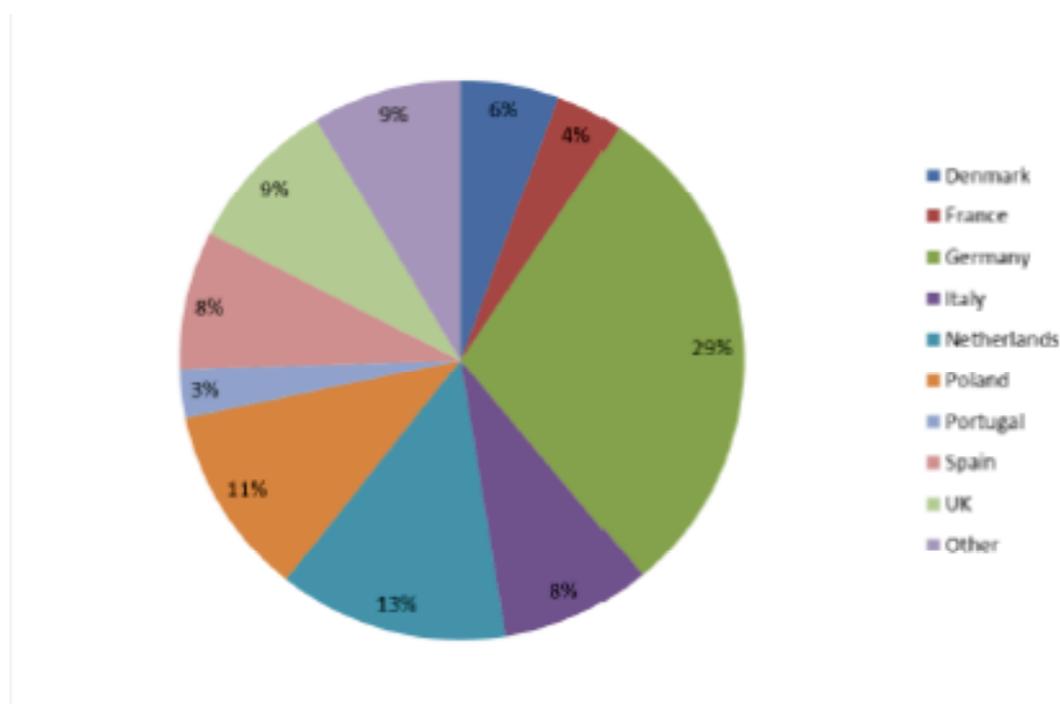
³¹ CESA(2010)、造船市場監視報告第 18 号、2010 年 3 月

³² CESA(2011)、アニュアルレポート 2010-2011

³³ 船用機器サプライヤもこのことを指摘している。ただし、船用機器メーカーは独立した経済部門ではないため統計に表れることがなく、このことを数字で証明することは困難である。

³⁴ CESA アニュアルレポート 2010 - 2011、CESA(2010) アニュアルレポート 2009 - 2010 を基にしている

図表 2.4 修繕・改修・改造を行っている EU 諸国（2010 年のヨーロッパの売上に占める各国の割合）



出典：CESA アニュアルレポート 2010-2011、Ecorys が算定

修繕と改修専門の造船所

修繕と改修は短期的な業務である。ドライドックの期間は 10–12 日が一般的だが内容によってはドライドックが不要な場合もある。このサービスを行う造船所は製造業というよりもサービス業に該当する。顧客の直前の予約にも対応できる。

修繕にはには計画的な修繕と緊急修繕が存在する。計画的な修繕はある一定の時期に行われる。造船所側はどの船舶に修繕が必要か事前に把握している。そのため修繕は比較的計画しやすく造船所は船主に働きかけができる³⁵。緊急修繕は故障に対して行われるもので、最寄りの造船所で行う必要がある。この場合は計画できず、造船所が船主に働きかけすることは難しい。係船していた船舶を再び運航する場合に行われる特殊な修理もある。これには、船舶が係船されていた場所に近い造船所が有利である³⁶。

世界経済危機まではヨーロッパにある修繕・改修の造船所は好調に推移していた。しかし、2009 年に入ると売上高と利益は減少したが、当初造船所の多くは非常に好調

³⁵ 修理と保守専門の造船所は世界中に存在する。アジアの造船所は人件費が安く低価格での修理が可能だが、割高な造船所は高度な知識を有するため、船主の多くは割高な造船所を選ぶ。

³⁶ OECD(2009) 「船舶の修理、改造、造船産業の相互作用」

だったそれ以前の時期の反動として当然のことと受け止めた。2010 年になると、船主がコスト削減策として船舶の改修を延期したことから、低迷に拍車がかかった。2010 年後半になって、市場は幾分回復したようで、待ち時間は 1 週間から 3 週間に伸びた。2011 年の利幅と予算は 2010 年とほぼ同じである。

北西ヨーロッパの造船所は黒海沿岸の修繕造船所との競争が激化していると指摘している。後者は人件費が安いと、サービスを安く提供できる。さらに、中東（アラブ首長国連邦やバーレーン³⁷）、シンガポール、中国など低賃金³⁸や地域の海運市場に近い修繕造船所との間にも熾烈な競争が存在する。

改造造船所

改造部門は修理や保守よりも、新造部門に近い面がある。一般的に船の改造は通常の保守や修理よりも長期間を要する。改造は製造と違って差し支えない。新造部門との違いは柔軟性にある。改造造船所は顧客の要件や改造する船の特徴に応じて常に作業計画の変更に対応できるすぐれた柔軟性が求められる。

2.3 EU 造船業の研究、開発、イノベーションの特徴

知識と技術の移転

造船には知識を移転する様々な仕組みが存在するが、これらの仕組みが通用する度合いは当事者や市場セグメントによって異なる。このセクションでは造船業界の知識と技術の移転の主な仕組みを取り上げる。

船用機器サプライヤ数社は船舶技術と道路や鉄道などの陸上技術の両方に精通している。このため、**他の経済部門から造船部門に知識や技術を移転**することができる。例えば、Imtech などの企業はクルーズ船で使用されるのと同じ快適さと性能が求められる空調システムをオフィスやホテル用に開発する。廃熱回収システムも陸上のビル環境に応用される。海運会社も海運以外の各種経済活動に関与することがある。例えば、浚渫船の運航会社は伝統的に建設会社と関係が深い（Boskalis など）。洋上の風力クレーン船の設計は、架橋のポンツーンに由来している。

様々な種類の船舶間で技術が移転されることもある。例えば、Damen は軍艦用の Axe Bow を開発した。これは船舶の垂直な動きの軽減に役立ち、安全性や快適さを高めるうえ、燃料消費の 20%削減にも寄与した。オランダ海軍をローンチカスタマーに迎

³⁷ インド、パキスタン、フィリピンの労働者を雇用

³⁸ OECD によると（OECD 2009、「船舶の修理、改造、造船産業の相互作用」、中東の修理費を 100 とするとヨーロッパは 150、日本は 250、中国は 50 である。

えたことで、この設計の利点を商業顧客にも納得してもらうことができた。この技術はオフショア船や小型の支援船、メガヨットにも応用されている。

技術は**当事者間の協力を通じても移転**される。典型的なのは技術革新を実現するための船用機器メーカーと造船所との協力モデルである。研究プラットフォームの設立や製品の共同開発を支援するヨーロッパの研究プロジェクトを通じて促進される場合もある。こうしたプログラムは複雑なタイプの船舶やシステムに特に有用である。具体的なプロジェクトコンソーシアムを通じてプロジェクトベースでエンジンメーカーや船の設計者が協力するケースも増えている。

地理的に近いパートナーとの協力に加え、研究開発や知識の共有の面でヨーロッパの企業はアジア企業との連携を強めている。DNV が大島造船所と共同で液化天然ガスを燃料として重量を50%削減したバルク船の設計を目指しているエコシップ2020プロジェクトはその一例である³⁹。ロイド・レジスターも上海のベストウェイ・マリオン・エンジニアリング・デザインと同様の研究プロジェクトを実施している。他には、エネルギー効率改善に向けた推進装置のMANやWärtsiläと韓国の造船所との緊密な関係がある。

造船業界における**ライセンス供与**は主として物流面の理由から実施されるが、生産コストが理由の場合もある。特に大型エンジンは船舶の建造と同じ場所の方が製造しやすいので、ライセンス生産される場合が多い。大手船用機器メーカー数社はアジアのメーカーに対し、顧客であるアジアの造船所に近い拠点での製造ライセンスを供与している。船主にとっては数年後も交換部品が確保できることが重要だが、ヨーロッパの船用機器メーカーはこの点で定評がある。買い手はシステム（および会社）が数年後も存続していることにこだわるため、船用機器のサプライヤーにとってはそうしたサービスの提供が極めて重要になってきている。このことは単なる製品から完全なライフサイクル志向のソリューションへのシフトを意味する。

結論として、知識の移転は造船のグリーンな市場機会に関係があり、以下で見受けられる。

- 産業全体、すなわち、一部でグリーン化が進んでいる陸上部門からの移転
- 業界内の様々なタイプの船舶の間で、例：ローンチカスタマーである軍艦から海運その他の船舶へ
- バリューチェーン内の船主、造船所、船用機器メーカー間で。例えば、浚渫船の分野では日常業務から改善の余地を見出した運航会社がソリューションの開発を依

³⁹ マリン・プロパルジョン誌、2011年8/9月号、p.93

頼されたメーカーに知識を移転。

- 特定の製造プログラムに関する研究協力や提携を通じて、EU と他の地域を拠点とする同じセクターの企業間で提携の場合、知識の漏洩リスクや知的財産権の問題が特に重要である。

知的財産権の問題

知識の漏洩は造船業のように技術集約型の産業においては非常に重要である。知識の漏洩と知的財産権の保護は LeaderSHIP2015 戦略に欠かせない部分である。初期の研究も知的財産権の重要性を強調している⁴⁰。

これは特に船用機器サプライヤにとって身近な問題だが、高度な技術を備えた革新的な船舶の建造に関わる造船所にとっても重要性が高い。一般的に、現在の知的財産権の保護は限定的と見なされている。多くの船用機器メーカー⁴¹は現在、資金を投入して社内で技術革新を行い、研究開発とイノベーションを継続して競合に先行する戦略を採用している。財産権の侵害訴訟に資金を費やすことは効果的な戦略とは見なされていない。

とはいえ、ヨーロッパとアジアのサプライチェーンの統合が進んでいることや、現在の需要の落ち込みによりアジアの造船所に余剰能力があることなどから知識の漏洩への圧力は根強い。この結果、アジアの造船所に対し、現地調達率の引き上げ圧力が強まると思われる。

こうした中、ヨーロッパの造船業にとっては知的財産権が引き続き重要な役目を果たしていく⁴²。したがって、すぐれた知的財産権の枠組みを導入することが不可欠である。

造船業界にとって、最も重要なのは工業所有権（2 番目は著作権）である⁴³。工業所有権には特許（およびライセンス）、商標、工業デザイン、発明、地理的表示が含まれる。こうした古典的な知的財産権保護対象のほかに、公正取引法や契約条項を使って知的財産を保護することができる。

⁴⁰ Ecorys (2009)参照

⁴¹ IHC などの造船所もこの現象に対応している。IHC は知識の漏洩を受けて、中国ではこれ以上高度な浚渫船を建造せず、競争力を維持するために一番重要な技術を社内限定し（ヨーロッパ内でも外注しない）と発言している。

⁴² Burke, A.&S.Fraser(2005)、「知的財産権が自営の起業家に与える影響：国際分析」。起業家、成長、公共政策に関するマックス・プランク研究所の討議文書

⁴³ WTO のウェブサイト http://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/intell_e.htm.

ヨーロッパでは知識の漏洩の問題に対応するうえで、技術革新の継続が効果的な知的財産権政策の導入と同様に重要である。

新造船と改修工事におけるイノベーション

技術ソリューションには新造船と改修工事の両方に適用できるものもあれば、（規模やコストの面から）新造船にのみ有効なものもある。グリーン市場の一部では、規制面からの要請（バラスト水など）や深刻な運営コスト要因（燃料価格の急騰など）を理由に、改修市場専用の対策が開発されている。

イノベーションを実現するプロセスには違いがある。改修のイノベーションでは新造船の場合と比較して船用機器メーカーの役割が（造船所よりも）大きい。船舶全体の建造よりも新しい（革新的な）技術の導入に焦点が置かれているからだ。さらに改修では、コストのほかに運営要因も立ちはだかる（船舶を造船所に送り、短期間サービスを中止することが必要など）。ここでは船主や運航会社のビジネスに直接影響が出るため、興味を引き出すために説得することが必要になる。新造船の場合、設計やモデル検査から実用化へのステップはコスト面の判断に大きく左右される（実証されていない技術の場合は運営面のメリットの評価も重要になる）。

研究開発活動の市場の可能性

グリーンなイノベーション活動の大半は本調査（第3、4、5章）で特定したグリーンな要因が生み出す市場の可能性に直接、間接的に関係する。しかし、（第3章で特定するグリーンな成長機会の場合のように）研究開発とイノベーション活動が対外要因による市場の可能性に対応しようとするのに対し、イノベーションそのものが需要を生み出す場合もある。理論的には、既存の技術よりもすぐれたイノベーションが導入され、それ自体の原動力と需要を生み出すわけである。例えば、既存のものよりも燃料を節約し安価な船体用の新しいコーティングが開発されれば、新しい市場が創設される。

しかし、グリーンな市場機会については、やがて（規制面または市場ベースの）対外要因に対応し船主がこれらの技術に投資する十分な根拠になる場合にのみあてはまる。（燃料費削減などの）市場要因や規制面の要因への対応など、今後10年間について特定された既存の要因と大きく異なるとは思われない。さらに、メリットがコストを上回ると規制当局を納得させることができれば（技術的なソリューションが可能で財務面から見ても実用化できれば）、イノベーションが新たな規制につながる場合がある⁴⁴。

⁴⁴ 例えば、画期的な技術により低価格で窒素酸化物の排出を完全に防ぐことができれば、現在適用中や計

最後に、他の目的で開発されたイノベーション、「グリーンな」副作用を持つ場合がある。一例を挙げると、Axe Bow（第3.4.1章のBox 3.1を参照）の当初の狙いは特にオフショアの石油・ガス業界が求める安定性と安全性の向上にあったが、燃料消費の削減という副作用があったことで他の船舶部門にも採用された。

イノベーションの過程についての結論

ヨーロッパの造船と船用機器産業は専ら他の地域の競合他社よりも高い技術力のおかげで市場の地位を確立しただけに、競争力を維持するにはイノベーションが不可欠である。中国は（現時点では）人件費の安さを武器に競争力の維持を図っており、この点に関しては主に韓国と日本を競争相手とみなすべきである。三菱重工業、サムスン重工業、大宇など日本と韓国の大手造船所は企業コングロマリットに属していることが多く、セクター間のノウハウや技術の移転が容易である。一方で、大手船用機器メーカーは陸上と洋上の両面で積極的に事業を展開しており、同様の技術移転が想定される。

技術的に進歩した多数の船用機器メーカーと複雑で高価値の船舶を建造するヨーロッパの造船所が共に存在することで、造船業のイノベーションを促す一連の活動が生まれる。同時に、バリューチェーンがグローバルなバリューチェーンに変貌した結果、ヨーロッパの大手船用機器メーカーは外国企業との提携によるイノベーションに携わっている。市場が能力過剰に陥った結果、外国の造船所は事業領域の拡張とバリューチェーンの幅広い分野の獲得、現地調達率の向上に励むようになっており、知的財産権の保護と知識の漏洩の防止が不可欠になっている。同時に、国境を越えて提携関係が強化されている反面、社内での研究開発投資活動によるイノベーションの継続により技術的な知識とイノベーションを保護する必要性も高まっている。

2.4 客船のセグメント

客船にはクルーズ船とフェリーが含まれるが、メガヨットは含まれない。総合的に見て、世界の造船の総需要と比較してこのセグメントの船舶数は少ないが、非常に高価値なクルーズ船はヨーロッパの造船所の独壇場とよく、フェリーについてもヨーロッパは優位にある。

主な製品と当事者

画中の排出基準よりも厳格な追加規制が実施される可能性がある。しかし、（特に国際的なレベルでの）規制の調整が短期的な市場の可能性につながるとは考えにくい。

フェリーサービスとクルーズ船サービスの区別は必ずしも明瞭ではない。短距離のフェリーサービスの多くはクルーズサービスとしても扱われている。例えば、オランダのエイマイデンと英国のニューカッスル・アポン・タイン間のフェリーサービスはフェリーサービスであるが、ミニクルーズとしても宣伝されている。同じことはドイツとノルウェーをつなぐカラーラインにもあてはまる。高級旅客フェリーに求められる質はクルーズ船の質に迫ってきており、造船所は2つのセグメントをある程度カバーできる。その一方で、ギリシャの島々やノルウェーのフィヨルド、その他多数の沿岸部と島嶼部をつなぐ公共交通機関として短距離を航行する小型のフェリー船もある。運航会社の中には何十隻もの船舶を運航する大手企業もあれば、1つか2つの航路専門の小規模企業もある。こうした船舶の建造要件が当該フェリー航路についての政府の入札手続きによって規定されることも少なくない。

クルーズ船の市場は旅行市場のトレンドに大きく左右される。世界的な余暇活動の活発化により過去10年間でクルーズ船の客数は大幅に増加した。クルーズ市場はカーニバル、ロイヤルカリビアン、MSCなど握りの運航会社に独占されている。建造面においても、高価値の船舶を建造できる造船所は世界にわずかしかない（平均価格は3億-7億ユーロが普通）。最近まで、こうした造船所はFincantieri（イタリア）、Meyer Werft（ドイツ）、STXヨーロッパ（フィンランドとフランス）などヨーロッパの造船所に限られていた。しかし、日本の三菱重工業は2011年に米国のクルーズ船会社カーニバル・コーポレーションと（カーニバルの子会社である）AIDA向けに2隻の新型クルーズ船の建造契約を締結した。史上最大の規模となるこの2隻は2015年と2016年に完成する予定である⁴⁵。サムスン重工業が発表した韓国でのクルーズ船の建造も、ヨーロッパ域外からの競争に道を開くことになる。

大型旅客フェリーの分野でも、（クルーズ船と）同じ造船所が重要なプレーヤーである。小型のフェリーやRoRoフェリーの分野には多数のメーカーが存在する。ヨーロッパでは、こうした造船所は主にオランダ、ノルウェー、フランス、イタリア、ドイツ、フィンランドに拠点を置いている。

（クルーズ船運航会社が少数という）市場構造に支えられて、クルーズ船会社は造船所や船用機器メーカーに対して強い立場を保っている。クルーズ船会社が要件を定め、高価値のコンポーネントについては、通常造船所と顧客との間で「メーカーズリスト」が交わされる。それほど価値が高くないコンポーネントについては、造船所に選択の自由がある。小型の旅客フェリーの市場は分散しており、メーカーと船主のどちらが

45

<http://www.cruiseindustrynews.com/cruise-news/5946-mitsubishi-to-build-two-125000-ton-aida-ships.html>.

バリューチェーンにおいて優位かは明確ではない。

実績

客船はヨーロッパの総受注にとって売上高の面で最も重要な柱である。客船とクルーズ船はヨーロッパで建造される船舶全体の売上高のほぼ半分（47%）を占めている。2010年のヨーロッパの造船所の総売上高は194億ユーロ、そのうちの91億ユーロは客船とクルーズ船がよるものだった⁴⁶。

クルーズ船

経済危機に伴い、クルーズ産業は低迷か一時的な後退が予想されるものの、欧米の人口の高齢化とクルーズ価格の低下により今後10年間は伸び続ける見通しである⁴⁷。

クルーズ需要の増大にもかかわらず、経済危機とは無関係に今後の受注は落ち込むと予想されている。2012年については、ヨーロッパの造船所には十分な受注残があるものの（図表2.5参照）、2013年以降の受注は不十分である。一般的に、ヨーロッパの主なクルーズ船造船所は年間3隻の大型クルーズ船の建造能力（さらに小型船舶の建造能力）がある。しかし、過去10年間で船舶の近代化が進んだことやクルーズの需要の更なる増大が見込まれないことから、今後は通常の年間発注の半分に留めるというクルーズ船会社もある⁴⁸。アジア勢がこの市場への参入に成功すれば、ヨーロッパ勢にますます課題を突きつけることになろう。

図表2.5は世界のクルーズ船の建造の動向を示しており、クルーズ船の主なプレーヤーの引き渡しと受注を表している。

⁴⁶ CESA(2011)、アニュアルレポート2010-2011

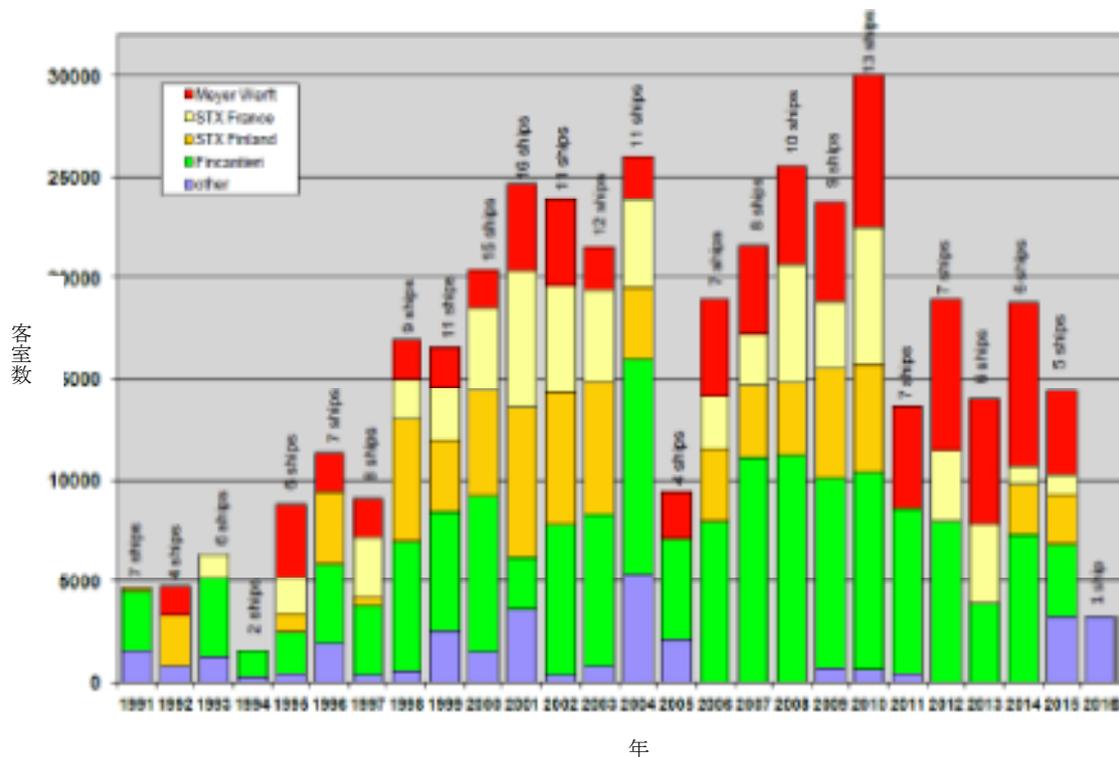
⁴⁷ http://www.cybercruises.com/cruisecolumn_sep2.htm;

<http://www.cruiseshippingasia.com/conference-program>、および

http://www.dnv.com/industry/maritime/publicationsanddownloads/publications/updates/cruise/2010/01_2010/samsung_heavy_industries.aspを参照

⁴⁸ Ecorys (2012)ブルーグロース第3次中間報告

図表 2.5 世界の造船所別クルーズ船の引き渡しと受注（引き渡した船舶の総数）



出典：Meyer Werft GmbH

グリーン化の可能性については、運航会社は風光明媚だが自然体系がもろく観光地が進んでいないバルト海、ノルウェー、アラスカなどをはじめ世界中を航行できる船舶を求めており、最近建造されたクルーズ船のほとんどは現行の最も厳しい規制を遵守している。その一方で、多数の旧式船舶も依然として航行している。これらは最も厳しい規制を遵守していないことから、グリーン化の規制要因に伴って改修の機会が生じることが考えられる。

フェリー

ほとんどのフェリーは内航である。（国内の旅客数ベースで）多くのフェリーが運航されているのはギリシャ、イタリア、デンマーク、ノルウェーである。

運航ルートにもよるが、この10年間で格安航空会社が普及した結果、フェリーの業績は低迷している。フェリーの需要は落ち込み価格圧力も高まっている。現時点では需要は安定した模様で、市場シェアの低下にも歯止めがかかった。と同時に、フェリー市場も経済危機の影響を受けている。2009年もヨーロッパの旅客フェリー運航会社にとっては厳しい年だったが、2010年の最新の四半期の統計を見ると、一部の国では2008年の第2四半期と比較して2010年第2四半期はやや持ち直している。ギ

リシャやデンマークなどフェリー大国は回復には至っていない。とはいえ、一部の会社では乗客数が増加しており、DFDS シーウェイでは、英国と北ヨーロッパ航路の乗客数が10%増加した。バルチック・タリンクも2010年9月の乗客数が2009年より5%増加して過去最高に達したとしている⁴⁹。貨物と旅客の両方を扱う企業では業績が伸びているようだ。

ヨーロッパの現在のフェリーの平均船齢はかなり高く（30年以上が32%、図表2.6参照）、代替建造の必要性を示している。しかも、（北海やバルト海で操業しているすべてのフェリーを含め）排出規制海域を航行する船舶は一定の排出基準をクリアする必要があり、改修需要、もしくは代替建造が考えられる。

船舶の世代交代を阻んでいるのは船主や運航会社の資金調達能力だが、この問題はリターンが低い、あるいは商業的に魅力のない航路でも国営企業が公共サービスを提供することが必要なフェリー部門では特に深刻である。経済危機で政府予算が削減される中、この状況が早期に改善されるとは考えられない。以前は、規制から除外されていた分野が一部にあった（複数のギリシャのフェリーには港における硫黄成分に関するECの2005年指令第33号が適用されなかった）が、この例外規定は2011年12月31日に終了となった。

他の分野では明らかに商業的に魅力のある航路で新造船による世代交代が行われている⁵⁰。よりグリーンな船舶の航行については、（政府支援の有無にかかわらず）フェリー運航会社の多くが、「グリーン」を理由に船舶を選んでいる⁵¹（ノルウェーのフィヨルドやオランダのテクセル行きのTESOフェリーなど）。

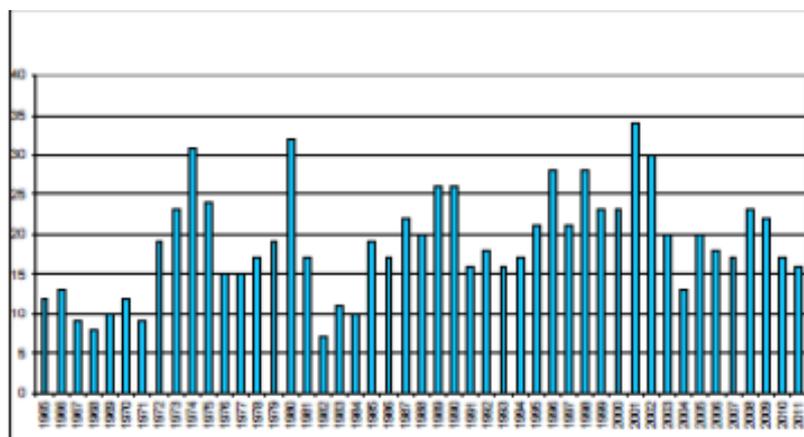
⁴⁹ www.tallink.com.

⁵⁰

http://www.aferry.co.uk/news/stena_line_adds_new_ferries_on_scotland_to_northern_ireland_route-800446648.htm または <http://www.stenaline.nl/ferry/schepen/superferries/fotos/>. を参照

⁵¹ <http://www.energiotech.info/schonertransport/fjord1.htm> および http://www.leaderkvn.nl/news_details.asp?menu=1030000_000054. 参照

図表 2.6 ヨーロッパのフェリーの船齢（建造年別 EU 船籍の船舶数）



出典：Fairplay のデータベース、算定は Ecorys。EU 諸国で航行しているフェリー数を EU 船籍のフェリーのデータで代用

イノベーションの特徴

クルーズ船とフェリーのイノベーションの特徴は別々に取り上げたが、上述したように、高級フェリーの特徴はクルーズ船のそれと重複する。

クルーズ船市場

上述したように、クルーズ船市場はカーニバル(米国)、ロイヤルカリビアン (米国)、MSC(イタリア)、アイーダ (ドイツ、カーニバルの姉妹ブランド)、など船主兼運航会社である一握りの企業が独占している。これら数社で 80%以上のシェアを占めている。膨大な資金がかかるため、市場への参入障壁は高い。規制の強化も更に参入を困難にし、寡占状態に拍車をかけている。こうした寡占状態を背景に、クルーズ船運航会社は造船所に対して優位に立ち、船用機器メーカーや造船所に対し要件を声高に主張できる。革新的な製品とシステムの導入や設置を決めるのは船主である。環境を重視し、最もグリーンで効率的な技術の使用にこだわる船主も中にいるという。一方で、運航においては最低基準の規制を守り、投資や燃料コストを最重視する船主も存在する。ステークホルダーによると、今のところ「グリーンな」クルーズ船に乗船するため割高な料金を払ってもよいとする乗客は限られており、後者にとって環境面における一段の改良は二の次ということである⁵²。

同時に、クルーズ船建造造船所も限られており、クルーズ船の建造ではヨーロッパが世界をリードしている。このため、クルーズ船の造船所とクルーズ船会社は一種の相互依存関係にある。

⁵² 同時に、消費者の嗜好や乗客からの圧力でよりグリーンな基準が求められれば、この状況が急速に変化することもありうる。クルーズ船部門ほど消費者の嗜好と密接に結びついている造船部門はない。

世界全体で1年間に建造されるクルーズ船は10隻に届かず、船舶数ではクルーズ船市場の規模は非常に小さい。しかも、船主当たりの同様の船舶の建造数は3隻程度に限られている。この部門限定の製品を開発するには3隻は少なすぎる。むしろ、他の造船市場向けの設計を変更して使用する。その一方で、数は少ないものの建造額は巨額に上るため、多くのサプライヤにとって特殊な製品設計を行う重要性は十分にある。

コスト削減を可能にするものであれば、イノベーションにも前向きである。燃費を高めるためのプロジェクトが実施されており、EUが資金を提供しているPOSEIDONプロジェクト⁵³は船舶の電力推進システムへの移行を促す方法を研究している。定期的に速度を変えるクルーズ船にとっては特に興味深い対策である。

フェリー船市場

フェリー市場は差別化が進んだ市場であり、(ノルウェーやスウェーデンを航行するカラーラインなど)小型クルーズ船に近いフェリーを運航する大手のフェリー会社から地中海など特定の航路を中心とする小型のフェリーサービスまで様々である。このため一般的な結論を下すことは難しい。特に、Stena、DFDS、Grimaldiなど大手フェリー会社がフェリーを運航している場合は、造船所と船主や運航会社との緊密な協力の下に技術革新が行われるようだ。公共サービス契約を基に地域に特化した小規模フェリー会社は交渉力がはるかに限られており、標準型の船舶を使用する傾向が強い。ただし、フランスのロリエント港横断用定員110名の「排出ゼロ」フェリー⁵⁴やスコットランドのアーガイル郡のハイブリッドフェリーなど、この市場にも技術革新の取組みはある。幅広いグリーン化戦略の一環として投資を支援する公共機関がこうしたイノベーションを促す場合が多い。

EU 対その他の地域

クルーズ船

上述したように、ヨーロッパは40年近く世界のクルーズ船の建造をリードしてきており、市場シェアは100%に迫っている。ヨーロッパの強みは航海や艀装部門における専門のスキルや先進の技術にある⁵⁵。他の(国際的な)造船所もクルーズ船建造の能力や技術を誇っているものの、プロジェクトマネジメント能力に加え、契約で合意した期限までに定められた予算内でコスト効果の高い結果を出す労働力とスキルにすぐれたバランスを有すると考える人は少ない⁵⁶。現在この市場に三菱重工業が参入

⁵³ <http://www.poseidon-ip.eu/>.

⁵⁴ 出所：パッセンジャー・シップ・テクノロジー誌、2011年秋号、p.12

⁵⁵ 出所：2010年のヨーロッパ経済に対するクルーズツーリズムの寄与

⁵⁶ ヨーロッパクルーズ協議会(2010)、「クルーズ産業：ヨーロッパの経済成長にとっての340億ユーロのパートナー」

しているほか、サムスン重工業も参入を目指している。Fincantieri は、中国のクルーズ船市場向けのクルーズ船を建造するためにヨーロッパの造船所が中国の造船所と提携を模索する可能性がある⁵⁷としている。

旅客フェリー

クルーズ船部門をリードするヨーロッパは、大型の旅客フェリーの建造でも世界をリードしている。小型フェリー会社と貨物旅客船舶の運航会社はフェリーの建造に地元の造船所を選ぶ傾向がある（Tallink、Silja Line、Viking のフェリーはフィンランドとドイツで建造されている）。ステナラインなど一部のフェリー会社は世界中の造船所にフェリーの建造を発注する。従来型のフェリーは世界中の多数の小型造船所で建造されている。高速フェリー市場は InCat International や Austal などオーストラリアの造船所が優勢である⁵⁸。

2.5 浚渫船

浚渫船市場は 3 つの船舶に大別される。バックホー/ディッパーとグラブ浚渫船、カッターサクシオン浚渫船、トレーリングサクシオンホッパー浚渫船である。

主な製品と当事者

ヨーロッパは浚渫船の建造と運航の両面でリードしている。DEME、Van Oord、Jan de Nul、Boskalis の浚渫船の大手 4 社はベルギーとオランダを拠点しており、世界の公開入札市場の 80%前後を占めている。オランダの IHC Merwede は高度に専門化された先進の浚渫船の建設で世界をリードしている。

浚渫船の耐用年数は 30-35 年だが、この分野では耐用年数を通じて操業する船舶について顧客企業は豊富な知識を誇っている。熟練した乗組員や社内の設計エンジニアと協力して、運航企業は発注する船舶そのもの、あるいは少なくとも詳細な要件を設計できる。さらに、新規注文は特定のプロジェクトに関係することが多く、そこでは独特の性能や具体的な環境面や技術面の要件が求められる。したがって、この部門では高度に専門化されたカスタム仕様の製品が誕生する。一方、異なる仕事に船舶を再配置するには、標準的な機能に基づく船舶の改修が可能でなければならない。乗組員の効率と柔軟性を高めるために、船舶全体をある程度標準化する企業もある。ブリッジの設計はこうした標準化の一例であり、船舶が異なっても乗組員が作業しやすいようにする。一般的に、船舶の建造と運航に対するライフサイクルコストのアプローチが

⁵⁷ フィナンシャルタイムズ、2012 年 3 月 14 日

⁵⁸ タリー（2012）マリタイム・エコノミクス

普及しており、購入価格だけでなく船舶の耐用年数にわたるパフォーマンス単位（浚渫量）毎の実際の総コストも重視されている。

浚渫船運航会社大手 4 社の戦略を見ると、4 社が事業の多角化を目指していることがわかる。具体的には洋上風力発電（Van Oord が Sietas に設置船を発注）、北極の石油ガス事業（北極圏の供給インフラについて石油メジャーと浚渫会社との間で非公式の協議があったとの報道）、海洋資源の掘削（DEME と IHC が合弁会社を設立）、サービスと保守部門（Boskalis が牽引や水先案内を行う Smit を買収）などがある。

実績

浚渫サービスの需要は 2008 年まで世界の浚渫船運航会社の能力を上回り、過去 10 年間は浚渫業界の好調が続いた。2000 年～2006 年にかけて、世界の浚渫業界の売上高は 83 億ユーロに倍増している⁵⁹。2009 年の世界最大の浚渫市場は中東、ヨーロッパ、中国であり、全体の 59%を占めていた。なかでも中東はドバイの「パームアイランド」や「ザ・ワールド」のプロジェクトにより活況を呈した。この結果、新規船舶への旺盛な需要に加え、設備の改修やグレードアップに大型投資も行われた⁶⁰。ヨーロッパにおける浚渫船の総受注額は 10 億ユーロ前後に上ると推定されている⁶¹。

業績が伸びた背景には沿岸地域での人口の増加、気候変動に伴う沿岸保護の必要性の高まり、洋上風力発電や LNG の使用などがあった⁶²。

好調な浚渫産業はこの分野で活発な造船業界にもプラスの影響を及ぼした。大手企業である IHC と IHC が有するサプライヤ網はここ数年、大型化の進むホッパー船の受注に沸いている。さらに、ヨーロッパの他の複数の造船所もこの分野の受注を確保した。一方、新船の需要は他の造船所の参入を促し、ヨーロッパの浚渫大手 4 社はアジアでも複数の発注を行っている。ニーズに対応できる中国の造船所はごく少数に限られるものの、コスト優位とスケジュールの柔軟性で他を凌駕している一方で、造船所を通じて競合他社に知識が漏洩するリスクを問題視している企業もある。

イノベーションの特徴

船主は船舶の設計に積極的に関与し、浚渫船の稼働能力を確保するために基本的なエンジニアリングを社内でも実施することも多い。これには新たな浚渫船を建造するか、既存の船を改修するかの選択も含まれる。浚渫船の設計にあたっては柔軟性の確保が

⁵⁹ IADC

⁶⁰ IHC2007 年アニュアル・レポート

⁶¹ 大手浚渫企業のアニュアルレポートを基に Ecorys が推計

⁶² IADC2010 年の浚渫データ。www.iadc-dredging.com. 参照。

重要になる。というのも、手持ちのプロジェクト次第で場合によっては、海底ケーブル敷設船を重量級のリフトプラットフォーム船に切り替えるなど浚渫船の仕様変更が行われるからだ。

浚渫業界の技術革新は主に規模の拡大を要因として行われ、全体的な燃料消費の向上と浚渫単位毎の燃料消費の軽減を促す。特定のソフトウェアによるシステムの最適化でも技術革新が実現する。こうしたイノベーションは、浚渫船のパフォーマンスを高めることが狙いである。浚渫船は耐用年数全体を通じて同じ会社が運航する傾向があり、船舶が建造された早い段階で技術革新に投資する価値がある。

技術革新の特定の分野は浚渫業者の運航作業に関係している。「自然のプロセスや自然物の割合を増やし、自然と共に作る」という概念が提起されている。さらに、「エコシステムサービス」の活用についての関心も高まっている。総じて洋上と沿岸のエコシステムは、洪水や浸食から陸地を守るものとして認められている。研究活動はこうしたエコシステムの発生や沿岸部の保護にどう寄与するかの知識に特化しており、そのメリットを経済的に評価することでエコシステムサービスの最適化につながる⁶³。さらに、濁りや土壌へのダメージを軽減する機器の開発を目指したイノベーションも行われている。

技術革新では顧客が当事者として重要である。イノベーションの導入において顧客の意向が反映される。顧客の多くは公的機関または半官半民の組織であるため、グリーンなサービスを求めグリーンな技術革新を促す顧客もいるが、コスト効率を重視する顧客も存在する。ただし、どのようなイノベーションを導入するかを決定するのは船主である。

グリーンなイノベーションが導入されるかどうかは顧客次第である。顧客が環境に優しい点を重視する場合、船主は環境に優しい技術やイノベーションを取り入れる。例えば、石油の流出防止を非常に重視していたメルボルン港湾局に対し、ボスカリスは流出石油回収技術を提案してメルボルン港湾局を納得させた。この種の「グリーンな」イノベーションは酸化物の排出よりも土壌の濁度やサンゴ礁の保護に関するものであり、本調査で取り上げた要因とは直接比較できない。

EU 対世界の他の地域

ヨーロッパはこの分野で絶対的な優位を維持する見通しだが、コスト圧力も存在する。アジアで建造される浚渫船は増えているが、これまでのところシンプルな船舶に限ら

⁶³ 例として EcoShape の取組みを参照 <http://www.ecoshape.nl/>.

れている。ヨーロッパの造船所の強みは割安なマネジメントコスト、納期の遵守、知識の漏洩リスクが低いこと、クリエイティビティ、周辺にある専門のクラスターとの文化的類似性にある。

品質とアフターサービスに定評があるヨーロッパ製の設備はこの分野で支配的な地位にある。常に時間に追われ一日当たりの滞船コストが高額な浚渫船会社にとって、アフターサービスは特に重要である。

経済危機は(沿岸部の保護や港湾の拡張に関わる)政府予算を圧迫し、(観光業や不動産開発への)民間の投資資金の低迷を招くだけに、この分野にも経済危機の影響が及ぶことは確かである。ただし、世界的に見ると全体としては浚渫船部門の規模は比較的小さい。

2.6 結論

造船業は設計会社、船用機器メーカー、造船所、船主、運航会社、顧客のほか、船級協会や研究所などの補助的当事者が構成するバリューチェーンに組み込まれている。(グリーンな)新しい船舶の開発にあたっては、当事者それぞれが特定の役割を果たす。船主や運航会社の発言力が大きい分野もあれば、造船所や船用機器メーカーが優位な分野もある。しかし、どの分野でも当事者は相互に依存しており、効果的な協力が求められている。

ヨーロッパの造船所は世界の他の地域に対し、高品質・高価値の分野で活発に展開するニッチプレーヤーとして競争力を誇っている。同時に、ヨーロッパの船用機器メーカーは優位を維持し、ヨーロッパだけでなくアジアの造船所にも製品を供給している。

2008年に始まった現在の世界経済危機は需要の減退を招き、世界中の造船所の受注はまもなくゼロになる見通しで、世界の造船業への圧力は強まっている。経済危機によって需要は落ち込んだが、需給能力を分析すると経済危機以前から余剰能力は積みあがっており、シクリカルな産業として造船業は遅かれ早かれ下降局面に突入するはずだった。

ヨーロッパの産業に対する経済危機の影響は様々な角度から捉えることができる。第一に、需要が最も減退しているのはバルカー、タンカー、コンテナ船などだが、ヨーロッパの企業はこの分野の事業を余り展開していない。一方で、(次章で取り上げる)燃料価格の高騰がこの分野の新規需要のきっかけとなり、小型船や燃料効率の悪い船

船が新型の大型船舶に切り替えられている。こうした需要は、ヨーロッパの造船所よりもこの部門で優位なアジアの造船所に恩恵をもたらしている。

第2に、大量建造部門の需要の後退に伴い、受注の減少に苦しむ造船所の中に他の部門に進出するところが出てきた。好況期にはスケジュール面での対応を理由にアジアの複数の造船所が（浚渫船など）高価値部門である程度実績を上げたが、今や他の高価値部門にも参入している。

研究開発とイノベーションの分野では知識の移転が見られるが、これには（洋上と非洋上のアプリケーション、造船の各セグメント間など）業界内の当事者間、（海運会社の知識を用いて設計を改良するなど）バリューチェーン内の各当事者間、（サプライヤと造船所間の協力など）特定の生産プロセス内、（ヨーロッパ内およびヨーロッパとアジアの企業間の）研究プロジェクトを通じた企業間など様々な形態がある。

しかし、知識の移転によるビジネスチャンスには知的財産の保護も求められる。このため、現行の知的財産権保護の枠組みは貴重なものといえる。知識の漏洩を最小限に抑える戦略を採っている企業もあれば、競争をリードするために研究開発の継続を重視する企業もあるが、いずれにしても戦略も促進することが重要である。

本稿では客船（クルーズ船とフェリー）と浚渫船という2つの特殊なセグメントを詳しく取り上げた。両者とも一般的に船主が耐用年数が切れるまで運航を行う点が特徴である。さらに、船主と船舶を建造する造船所の数も、両部門ともに少数である。両者ともにグリーン化は重要だが、実現の仕方は異なっている。クルーズ船部門では地域の環境要件が前提条件となるが、燃料コストが運営費の大きな部分を占めるため、燃料コストを最適化する戦略を採る船主もいる。浚渫船部門では絶対的な費用ではなく（浚渫量）単位毎のパフォーマンスが重視され、多くの場合プロジェクトの特定の要件が技術革新の行方を定める。

3 市場主導によるトレンド

本調査では、グリーン化へと動かしている各種トレンドを分析する。トレンドは、市場主導型のものと、政府の規制によるもの、およびその他に分けられる。本章では、市場主導型のトレンドについて論じる。なお、燃料効率の良さを求めるトレンドと、次章で述べる政府による CO2 規制との間には強い相関関係がある。

市場主導型のトレンドでは、企業は政府からの直接規制によらずに企業活動に変化を生む。顧客との関係やマーケット・シェア、あるいは単にコスト削減へのプレッシャーなどから来る市場圧力により、省エネに繋がる「グリーン」な船への需要が船主側から増加することになる。本章では以下のトレンドを分析する。

- トренд 1: 燃料効率および、その結果生じるコスト削減。
- トренд 2: 環境意識と CSR

3.1 トренд 1: 燃料効率およびコスト削減⁶⁴

3.1.1 主導要因

船舶業界（これに造船業界も含まれる）において、特に伝統的な市場分野では、価格とコストが競争力の上で重要な事項である。（上昇する）輸送コストを削減するため、燃料効率の向上への関心が高まっている。これ自体はグリーン化トレンドではないが、消費燃料の削減は、とりもなおさず CO₂（温室効果ガス）排出量の削減や、SO_x、NO_x といった大気汚染物質の削減を生じる。このため、燃料効率の改善は、船舶が環境に及ぼす影響を改善することに繋がる。業界関係者は、燃料効率の改善によるコスト削減が、船舶業界をグリーン化へと動かす現在の主な要因となっていると認めている。

ヨーロッパの造船業および海運業の燃料効率とコスト削減への強い関心の理由として以下の2点が挙げられる。

第一に、海運業界における競争、特にタンカーやバラ積み船、コンテナ船で競争が激しさを増し、輸送費や用船料削減へのプレッシャーが生じている。このため、燃料コストが主要部分を占めている運航費用削減が課題となっている。TCO（トータル・コスト・オブ・オーナーシップ）アプローチを取る場合、当初の購入価格のみではなく、船舶の廃船までにかかる運営コストも考慮に入れると、燃料費の節約は相当な額に上

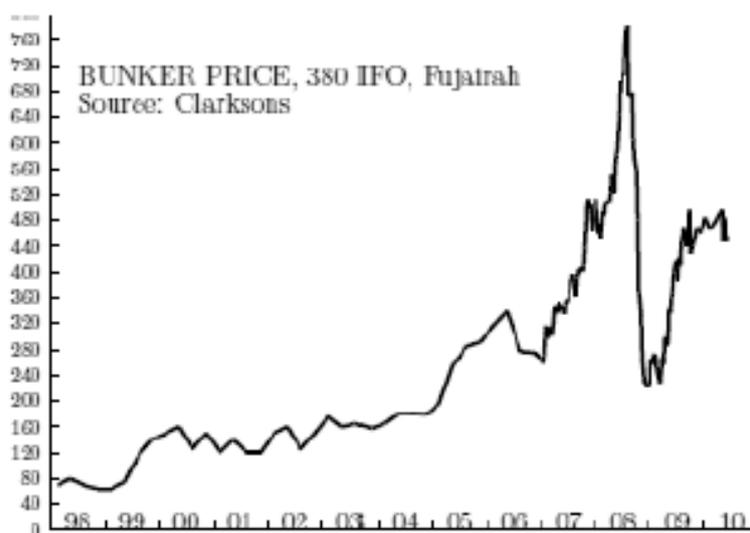
⁶⁴ 本稿では熱効率に主眼を置くが、コスト削減も広い意味では熱効率向上に入り、船舶に燃料効率を改善する装置の取り付けなどを含む。

る。これは船舶運航者にとって最も直接的に関係することであるが、造船業界や船用機器業界に対しても、市場の不完全性やその他の障壁がない限り、燃料効率に優れた船舶や技術への需要を生むという点において影響を与えている。

第二に、燃料コスト削減への関心は、過去数年の石油価格の上昇（および変動）により一層強まっている。価格変動は、図 3.1 に示されている。今後数十年における更なる燃料価格の上昇は、燃料効率の良い船舶への需要を押し上げるものと予想される。

65

図表 3.1 BFO 価格、IFO 380、フジャイラ; 1998 ~2010 US\$建て



出典：Center for Tankship excellence, CO₂ Emissions from Ships: the Case for Taking our Time, 2010年11月26日(Clarksons から抜粋)

燃料効率の向上によるコスト削減への関心の高まりにより、業界全体で燃料効率の優れた船舶や船用機器への需要が増加した。（但し、燃料効率を上げる可能性をフルに活かすには、まだ障壁が残っている。3.1.3を参照のこと。）例えば、CESAの年報⁶⁶では、船舶代替の動きには燃料効率向上により相当な節約が実現できることが背後にあることを示している。これが燃料効率に優れた新コンテナ船建造への注文に表れている。船を燃料効率の良い他の船と交換するか、あるいは燃料効率を向上するように改修するかは、船自体の特徴（例えば使用年数）や、船主の営業実態（および回収期間など関連するパラメーター）等に大きく左右される。

⁶⁵ 最新の IEA World Energy Outlook 2011 では、石油価格は 114 米ドル/バレルから 2035 年には 212 米ドル/バレル（額面価格）に上昇するものと予想されている。CESA 年報 2010-2011 参照

⁶⁶ CESA 年報 2010-2011 参照

ほぼ全ての船で燃料効率はコスト面で重要な位置を占めているが、運航上のパフォーマンスで燃料効率の悪さが穴埋めできる場合もある。例えば、高度に特化した浚渫船の場合、最も重要なのは浚渫のパフォーマンスである。燃費の評価はその次となる。

造船業界全体に関して言えることであるが、ヨーロッパの船用機器部門でも需要を生んでいる主な要因は、燃料効率改善への要求である。例として、推進機関に強い船用機器メーカーが挙げられる。この市場では、燃料効率の良い製品への需要が、既存の推進技術の向上や、新技術（新しい種類の燃料を用いた推進機関や、風力の利用、2種類の燃料を用いたハイブリッド・エンジン等）、および既存技術への新たな技術の応用（例えば最大推進力を保ちながら効率の良いスロースチームが可能なモジュラー推進機関）への需要を生んでいる。

3.1.2 市場可能性アセスメント

燃料コストにより主導される市場の将来性を見ると、これは将来におけるバンカー価格により大きく左右される。石油価格が予想通り上昇を続ける場合、市場の将来性は以下の2分野で生じると予想される。

- **燃料効率に優れたシステム;** 上昇する燃料価格への主な対応は、燃料効率を向上させ（コストを削減する）技術を取り入れることである。このような技術は多くの分野で既に開発され、実用化されている。これには推進機関もあるが、その他、船体の設計や、船の大きさ、「スマート」な位置取りとナビゲーション・システム（航海計画、水の抵抗の測定）などが含まれる。現在のところ、船用機器分野では、船舶の燃料効率を向上させる方法が（スクラバーなどのように環境に関する政府規制に従うため生まれた技術とともに）市場の将来性を形成する上での主な焦点となっている。この傾向は将来に渡って続くものと予想される。
- **代替燃料を使ったソリューション;** 石油価格の上昇に伴い、船舶の代替燃料や（LNG やハイブリッド、風力などの）代替推進機関の相対的なメリットも上昇した。しかし、（石油や代替燃料の）価格が今後どう動くか不透明な部分があり、これが代替燃料を導入する上での障壁となっている。また、（LNG や電力を使った推進機関の場合）必要となる燃料補給インフラへの投資も障壁である。新技術の使用に関連したリスクや技術自体に付きもののその他の障壁のため、代替燃料の採用は限られている。そのため、燃料効率の良さを求める市場の動きだけでは、船舶の推進技術を代替燃料を使用したものへと大々的に動かすとは予想されず、代替燃料を用いたソリューションは、主流の「従来型」システムと並行して開発が進むものと予想される。

燃料効率の向上に関連する市場の将来性は、造船業界の動きや石油価格の動き（乱高下）、個々の船主のビジネスの考えや基準などに関係するため、量的に推測するのは難しい。また、燃料消費と CO2 排出量には強い相関性があるため、燃料効率向上を求める市場の将来性は、ある程度は政府による CO2 規制（特に EEDI）から生じた市場の将来性とも関連している。この（燃料効率向上技術の）開発から利益を得るタイプの技術についても同じことが言える。後者の市場の将来性については、本稿の 4.3 でさらに詳しく述べる。EEDI が推し進めている燃料効率の向上によるコスト削減は、規則に基づく最小の推測額である。更なる（燃料）コスト削減対策により、単に政府規制によって動かされる場合より一層コスト節約がもたらされるであろう。⁶⁷

燃料効率の向上およびコスト削減への動きは、新造船（どのような船であれ、新しく建造されたものは燃料効率が良く、また燃料効率の低い船と高い船との交換が加速）と機器改修の需要を生むと考えられる。船舶代替が加速する可能性は、船の種類や、設計、使用年数によって違ってくる。現在、各国の船舶は（過去 10 年で多数の船が建造されたため）どちらかというはまだ新しいので、代替は既存の船の減価償却を早める必要があり、代替需要は限定的と見られる。その上、現在、受注が船舶供給能力を下回っているため、代替のための資金調達も制限される。船舶代替は、明確な収益機会がある場合に限って進むと考えられる。最後に、代替は主にヨーロッパ造船業がそれほど強くないタイプの船舶（コンテナ船など）で進むと予想される。

3.1.3 主な障壁

燃料効率の良い製品に対する市場の将来性において、以下の障壁が問題となる。

- 燃料効率の良い船を建造する上での技術開発上の障壁
- 船の燃料効率を上げるための技術を向上する上での障壁
- 船の燃料効率を向上させる技術への需要が生まれる上での障壁

燃料効率の良い船を建造する上での技術開発上の障壁

船の燃料効率を上げるための既存技術の有無自体は障害とはなっていない⁶⁸。これは世界的に言えることで、EU 企業の技術についても同様である。新技術の開発に関する障壁は殆どない。ヨーロッパの造船業界や船用機器業界は、既にこの分野（燃料効

⁶⁷ オランダ造船協会（Holland Shipbuilding Association）は、オランダで造船されたオランダ船籍の船の EEDI の影響を調査した。EEDI の第 1 期の CO₂ 削減の可能性は 1.6%と評価され、第 3 期では 15%に増加すると見込まれている。出典：David Anink の 2011 年 12 月 15 日オランダ造船協会での発表「海事環境セミナー：新規定 - CO₂ 削減対策」

⁶⁸ 具体的には、EEDI の最低値を満たすこと。

率の向上)での環境保全技術を開発しており、今後も継続する予定である。EU企業は、摩擦抵抗の少ないペイントや、カイト(凧)と帆、空気潤滑システム、省エネ装置など、燃料節約になる技術を供給している。EU企業は船体を設計し、例えばタンカーを牽引する際などの燃料効率の評価ができる。

業界関係者は、新しいデザインの船や新開発の技術にはハイリスクが伴うと思われるため、銀行が融資に積極的でないことが財務面での障害になっていると指摘する。新技術の持つこのような財務面の障害は、他の分野でもよく見られることである。

もう一つ、船級規則により生じる更なるコストと基準を満たすまでの遅延が現段階での障害として挙げられた。船級協会は船舶と海洋構造物について技術基準を設定し、船級ごとの基準を守るように求めている。船級規則は狭義に規定されることがあるため、基準達成には特定の技術だけが使われることがある。これは、新技術開発の多様化および普及を妨げる可能性がある。しかし、このような可能性がある一方で、船級協会は新しい技術開発のきっかけを生む役割も担っている。船級協会は新技術開発への関与を一層深めており、造詣も深い。このことは、新技術の適用にプラスの影響を及ぼすと考えられる。

EUの障壁として熟練労働者不足がよく指摘される。多くの国々で造船部門のエンジニア不足が見られる。人口動態の変化や、この分野への関心の低さ、および大学での予算削減が原因と見なされる。ただし、この障壁は全ての企業、業界関係者が感じているわけではない。例えばノルウェーの関係者は国内外からエンジニアを十分に採用することができるので、これを大きな問題とは認識していない。しかし、人口の高齢化を考慮すると、今後数十年で、現実問題になる可能性はある。

要約すると、この調査では、燃料効率を向上させる技術の開発において主要な障壁は見られなかった。上述の障壁は国により異なるが、技術産業では一般的な障壁(例:熟練労働者不足など)であり、また資金調達難などは技術開発プロセスにおいて内在的なものである。

船舶の燃料効率を改善する上での障壁

造船・船用機器分野で開発された新技術を、海運会社や船主が必ずしも効果的で信頼するに値するとは思っていない。その結果、海運会社は新技術への投資に消極的で、その結果、技術の信頼性構築もなかなか進まない。

燃料効率の向上が市場主導型である限り、この障壁は非常に重大である。技術の有効性

について疑問を抱くと、それを自社ビジネスには取り入れなくなるからである。その結果、有効性に疑問を持つ新技術を選択する代わりに、海運会社は、効果が良く知られているスロースターミングなど、他の方法で船の燃料効率を改善することになる。⁷⁰

燃料効率の良い船舶への需要が生じる上での障壁

関係者の多くは、船主および海運業者の効率改善技術への需要よりも、提供できる技術の方が上回ると見ている。これは他の調査結果とも一致する（例;Wang 他 2010 年、CE Delft 他 2011 年）。

造船や船用機器業界の関係者の多くは、一般的な障壁は**海運会社の保守主義**にあると認識している。例外はあるものの、多くの海運会社と船主は新しい（環境保全）技術の導入に関して、リスク回避指向にある。この障壁は、主に市場主導型の新技術で使用義務の無いものについて言える。リスク回避の他、特に燃料効率を向上させるための投資の場合、投資の多くは比較的低い燃料コストを想定して決定されている。しかし現在、市場に出される船のライフタイムにかかる燃料コストは大幅に増加するものと予想されている。

新造船にのみに適用可能な技術に関して言えば、新しい技術への需要は、新しい船への需要によって決まる。従って、市場への技術導入の主な要因となるのは一般的な市場動向や新たな造船需要である。前述のように、燃料価格の高さ自体が新たな造船需要を生み出している。これは、現在の船舶をより燃料効率の良い船へと買い換えようとするからである。しかし上述のように、現在、世界の船舶はまだ比較的新しい。（これは過去十年の多数の新造船のためである。）その結果、より燃料効率の良い船舶への早めの代替は、非常に高い投資対効果が見られる場合にしか正当化されない。

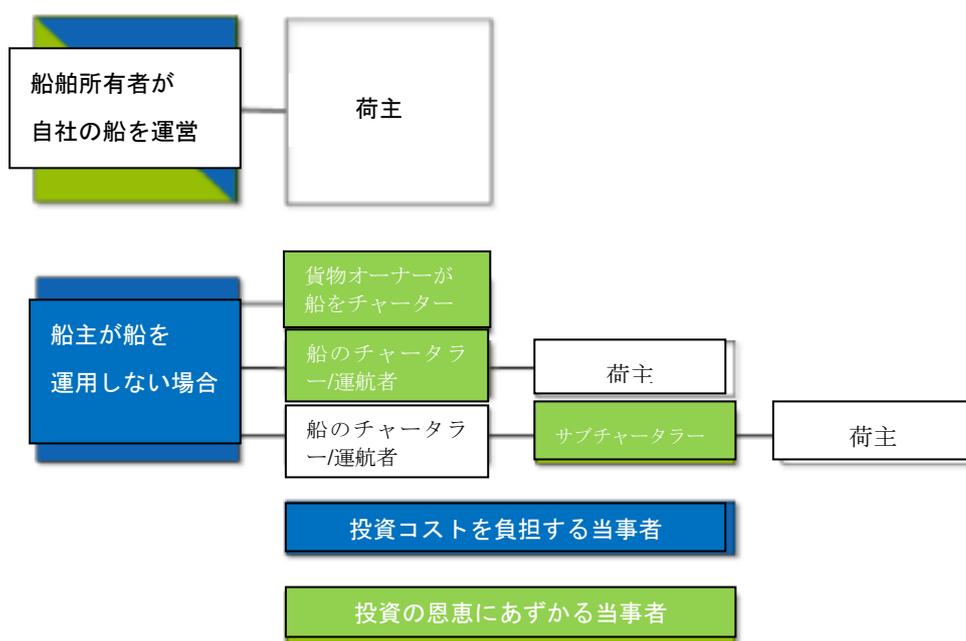
燃料を節約する技術を採り入れる上での障壁は、海上輸送部門の構造に関連した**スプリット・インセンティブ**である。タイムチャーター船（定期傭船）のように、船主が船舶を運航しない場合、燃料/CO₂削減のための設計や技術への投資コストと見返りが、市場で別々の当事者に発生することになる（図表 3.2 参照）。これが当てはまるのは、タイムチャーターや、ベアポートチャーター（裸傭船）の場合である。燃料効率の改善に投資した船主は、自社で船舶を運用したり、チャーターと長期契約を結ばない限り、投資の回収ができないことになる。

タイムチャーターやベアポートチャーターは、ドライバルクや液体の海上輸送やコン

⁷⁰ スロースターミングの直接的な効果（即ち消費燃料の削減）は割と良く知られているが、エンジン等への影響が懸念される。

テナ船市場では一般的な形態である。これらの市場では、船の大半は、海運会社が運航している。クルーズ船や浚渫船のように、特化分野では、このような形態は一般的ではない。これらの市場では、海運会社が船舶を所有するため、スプリット・インセンティブの問題はない。

図表 3.2 海上輸送市場における燃料/CO₂削減技術への投資コストと利益の分配



スプリット・インセンティブには幾つかの側面がある（CE Delft 他、2009 年）。

- 海運市場の 70%から 80%では、燃料コストはチャーター契約や、バンカー調整係数（BAF）、燃料サーチャージを通して消費者が負担している。
- チャーター船の場合、チャーターする側はほとんどの場合、燃料効率に注意を払わない。チャーター費用に同意する際、チャーター側にとり最も重要な情報は「直近の最終取引価格」、即ち、チャーター側が関心を持つ装備品と同様のものを使用した直近の価格である。ほとんどの場合、船の類似性は船の種類や、サイズ、(航海チャーターの場合)航海ルートなどで表される。従って、特定の船の燃料効率は通常、考慮されない。
- チャーター料金で燃料効率への関心が低い理由のひとつは、従来、船の運航コストで燃料は主要な要因ではなかったことが挙げられる。
- もうひとつの理由は、燃料効率は、船舶の運航方法や、ルート、貨物、その他の多くの要因に依存していることである。このため、船主は、特定の燃料効率を保障

することには消極的である。

- また別の理由として、船の効率性に関して一般的に合意された基準が最近まではなかったことが挙げられる。EEDIは2013年以降に建造された船では遵守が義務となる。

クルーズ船や浚渫船市場のように、船主が自ら船を運航する場合、このようなスプリット・インセンティブの問題は生じない。(本稿 2.4 と 2.5 参照)

現在の**燃料価格**および将来的に予想される燃料価格が、燃料/CO₂を削減する設計や技術への需要を決める上で主要な役割を担う。変動する原油価格は上昇傾向を明確に示してはいないため、業界は投資回収に時間がかかる新技術導入への投資に消極的で、スロースターミングの利用などで省エネを図っている。一般的に（改修への投資を含む）投資を決定する際に使用される投資回収期間は短い（業界関係者の中には、投資回収期間は1年半と言うものもいる。）。このため、コストをライフサイクルで見た場合には正当化できる新技術導入への投資が妨げられる。

3.1.4 EUの造船産業の立場と技術的な応答

燃料消費およびCO₂排出を削減するためにさまざまな技術が開発されてきた。改良が考えられる主な領域は船舶の設計と、プロペラ・推進装置、風力利用、航海方法、エンジン、廃熱回収である。^{71 72}

設計

船舶の燃料消費とCO₂排出量の削減を可能にするソリューションのなかで、設計は、広範囲なカテゴリに分類される。設計由来のソリューションの主なものは船体の最適化および摩擦抵抗の低減である。通常、設計が完成したら試験水槽で模型をテストし、成功後、設計図を造船所に売り、造船所はその設計をもとに造船する。水槽試験設備は建設コストがかかるので、たいてい国立（または準政府機関）の海洋研究機関にあり、船のテストの他、沿岸保護計画の立案など、他の目的にも使用されている。最近ではベシンで洋上風力発電設備もテスト行われている。

船舶設計事務所や海洋研究機関は世界各国にあり、ほぼ全ての造船国にある。アジア

⁷¹ これらの分野のなかには異なったソリューションがある可能性もある。この例として第3章を参照。

⁷² 窒素酸化物や二酸化硫黄の排出量削減に関して、LNGを代替燃料として利用して二酸化炭素の排出量を削減することが提案されている。

⁷³ COTSの定義：市販されているアイテム。リースやライセンス契約、あるいは一般に販売されていて、商品のライフサイクルで特別な改修やメンテナンスを必要としないもの。定義：Business Dictionary から

⁷⁴ <http://www.sistemar.com/>.

とヨーロッパには、船舶設計を研究する機関が多数存在する。設計会社の大半は中小企業であるが、テスト・ベーンを所有するのは大規模組織である。ヨーロッパで良く知られるベーンには、オランダの MARIN、ドイツの HSVA と SVA、デンマークのフォーステクノロジー、スウェーデンの SSPA、およびイタリアの INSEAN がある。ノルウェーのマリンテックもヨーロッパを拠点にしたベーン運営会社である。日本や韓国の大手造船所には自社内に水槽試験設備を持つものもある。大手造船所の多くは社内に設計部門を有する。船級協会も研究コンサルタントや設計など、活動を多様化している。その例の一例として、DNV や GL の子会社フューチャーシップが挙げられる。船体の設計には段階的に発展するものから、全く新しい革新的な船体デザインまでである。(3.1 参照)

革新的な設計と見なされているものの例では、Box 3.1 で述べられているカシャロット (Whale bow) がある。しかし、大抵の場合、設計の変更は段階的な発展の結果である。機器の改善の場合、例えば排気コントロール・システムでは、他の分野で使用される設計が造船部門にも導入されている。多くの場合、これらは既製品⁷³として見なされている。

Box 3.1 船体最適化と船体設計:Axe bow

マッコウクジラのように見える新しいタイプの船が、海でよく見られるようになった。船の船首はノルウェーの Ulstein が設計したもので、ユニークな形をしている。造船所や他の設計局の多くも同様のものを開発している。船首は Axe bow と呼ばれている。この船首は従来型の船首より丸く、設計の主な目的は、船が海上にある時の安全性を向上させることである。新しい船首には船の耐航性を高めるといえる利点があり、より長い期間航海でき、また悪天候でも高速航海が可能である。この船首ではノイズと振動が減るため、乗組員ははより快適に過ごすことができる。副産物として燃料消費量の軽減という恩恵があり、そのため運航はより環境に優しいものとなる。すでにこの船首は 20 隻に採用され、他にも 20 隻が建造中である。これまで、近海船だけがこの設計の船を使用してきたが、タンカーやバルクキャリアのための船首の設計も進んでいる。

⁷³ COTS の定義：市販されているアイテム。リースやライセンス契約、あるいは一般に販売されていて、商品のライフサイクルで特別な改修やメンテナンスを必要としないもの。定義：Business Dictionary から



出典：

<http://www.schuttevaer.nl/nieuws/offshore/nid14565-potviskoppen-veroveren-DE-wereldzeen.html>

プロペラ

燃料消費量と CO2 排出量の削減に資するもうひとつのソリューションは、船舶のエネルギー効率が向上するように設計されているプロペラの使用である。プロペラの設計と技術は、長年にわたり研究されてきた領域である。新しいプロペラ設計の成功例はスペインの Sistemar 社⁷⁴の CLT プロペラ（実績 20 件）とデンマークの技術大学が設計した Kappel⁷⁵ プロペラ（実績 10 件）である。⁷⁶ヨーロッパでプロペラを設計する企業の大部分は大企業である。

推進向上装置

エネルギー効率の良いプロペラ設計と密接に関連するテクニカル・ソリューションは PID（推進力向上装置）である。これはプロペラでのエネルギーロスが減らしたり、ロスした分を回復したりするものである。PID の概念はすでに 1970 年代にはあった。PID は比較的簡単に古い船にも取り付けられるので、改修に適した技術である。PID の有効性は流体力学の専門家の中で議論されている。PID によって効果が異なるからである。一部の PID では CO₂ 排出量の削減効果が見られないが、それなりの効果を出しているものもある。

ヨーロッパ企業もアジア企業も PID を開発しているが、取り付け実績ではヨーロッパ企業が上回っている。PID の主なメーカーはドイツの Schneekluth（1984 年から 1500 件の取り付け実績）や、同じくドイツの Becker Marine System（2000 年から 10 件から 100 件の取り付け実績）、日本の三井造船（取り付け実績ありとのこと）や、韓国の現代重工業（1 件の取り付け実績）、スウェーデンの SSPA（設計担当）と韓国の大宇造船海洋（製作担当）との提携⁷⁷などがある。この他、他の企業や研究機関

⁷⁴ <http://www.sistemar.com/>.

⁷⁵ http://www.skk.mek.dtu.dk/English/Research/KAPPEL_Propeller.aspx.

⁷⁶ Futureship (2011)

⁷⁷ Futureship (2011).

にもこの分野に関心を持っているものがあるが、まだ製作や取り付けの実績はなく、将来やるとしても、いつになるかは不明である。

PID を製作・取り付けした企業は全て大企業である。PID 市場には、中小企業はほとんどなく、例外は Mewis ぐらいである（しかしこれもベッカーと統合されている）。

PID にはフィンも付けられる。フィンは水を PID に向かって導き、PID とエンジンの効率を上げる。ヨーロッパではフィンの開発を専門とする部門があるわけではなく、多くの場合、フィンの設計は PID 設計の一部となっている。アジアの大企業のいくつかではフィンの設計と製作を専門に行っている部門がある。

PID やフィンは新しい船にも取り付けられるが、既存の船への取り付けにも適している。投資の回収時間が比較的短いとみなされているため、改修は魅力ある市場となっている。

風力利用

風力の利用も燃料消費や CO₂ 排出を削減するためのソリューションと見なされている。風力を利用した場合の効果は船の種類や、サイズ、航海ルートにより異なる。風力の利用は、最高速度 14~16 ノットで航海する船に最も適している。しかし風力利用には実施を鈍化させる短所がいくつかある。大規模な投資が必要なことと、甲板のスペースをたくさんとること、操作とメンテナンスのために追加要員が必要なこと、また船の安定性や構造上の問題が生じること、などである。利点は、既存の船舶に取り付けられることである。

風力利用デバイスのメーカーは、主にヨーロッパ企業で、ほとんどが中小企業である。市場の大手はドイツの Skysails（取り付け実績 5 件、販売 5 件）⁷⁸ である。ドイツの Enercon⁷⁹ がフレットナー・ローターを開発したが、この種のローターのメーカーはまだ確立していない。⁸⁰ ヨーロッパ以外では、オーストラリアの Solar Sailor が競争相手である。同社は風力と太陽エネルギーの両方を利用するソリューションを開発した。これまでに同社は 3 件の取り付け実績がある。⁸¹

78 <http://www.skysails.info/english/>.

79 <http://www.enercon.de/de-de/>.

80 Futureship (2011).

81 <http://www.solarsailor.com/>.

Box 3.2 Fassmer 社が環境に優しいグリーンピースの船「レインボーウォーリア III」を造船

2011年、環境保護団体グリーンピースは、レインボーウォーリア III 号の使用を開始した。Fassmer によって建造された同船は、環境に優しい船としてロイドからグリーンパスポートを取得した。同船には風力の活用、有害性のない塗料の使用、きれいな水だけが海に戻されるようにするための汚水を分離するシステムの搭載、およびモーターから排出される廃熱の船内での暖房利用など、環境に優しい特色がいくつかある。



出典: www.greenpeace.nl/about/schepen; Fassmer (2011), プレスリリース 'The New Rainbow Warrior'.

航海の最適化

船舶の航海を最適化することにより、燃料消費と CO₂ 排出量の削減が可能となる。操作の最適化には航海ルートや、速度、トリムなど、多くの方法がある。また、船上での監視や航海操作上の意思決定サポート技術も開発されている。

航海サポート・システムの提供でリードしているのはヨーロッパ系企業である。しかし販売実績は明らかにされていない。最も主要な企業はドイツの FutureShip⁸² や、フィンランドの On Board Napa⁸³、同じくフィンランドの Eniram⁸⁴、アイルランドの Marorka⁸⁵ である。これらは全て中小企業である。航海サポート・システムは、新造船でも既存の船でも利用できる。既存の船で利用する場合、海運会社は所有する船

⁸² <http://www.futureship.net/>.

⁸³ <http://www.napa.fi/>.

⁸⁴ <http://www.eniram.fi/>.

⁸⁵ <http://www.marorka.com/>.

船の全てで同様のシステムを利用したいと考えており、そのため航海サポート・システムと自社の IT システムの統合が検討されている。しかしこれは投資コストを上げる可能性がある。一方、いくつかの会社はモジュラー概念を提供し、利用者は特定のニーズや関心事項に段階的に投資できるようになっている。

エンジン

エンジン調整、またエンジン管理システムを使用しエンジン効率を上げることが可能である。燃料噴射もエンジンの消費燃料を減らすために調整可能である。またインタークーラーを間に入れたり、scavenge air cooler をターボチャージャーの後に入れることにより、空気圧が下げられる。これらの技術はほとんど、既存の技術を基にしている。

新しいエンジンは伝統あるエンジンメーカーが設計・製造している。主なメーカーは欧州企業で、船舶エンジン（大型 2 ストロークエンジン）市場の 90% は欧州の 2 社、即ちドイツの MAN とフィンランドの Wärtsilä⁸⁶ が独占している。これらの会社では推進システムをひとつのセットとして販売⁸⁷ するようになってきている。また、上記以外の欧州企業もこの市場で活躍している。イギリスのロールスロイス社、ドイツの Caterpillar/MAK や DEUTZ、スウェーデンのボルボ、スイスの ABB、イギリスの Ruston（シーメンス・グループ）などで、全て大企業である。アジアでも一部の大企業がエンジンを製造している。

廃熱回収

最後にここで紹介する技術的なソリューションは廃熱回収システムの使用である。船舶エンジンは副産物として廃熱を排出する。通常、この熱は冷却水と排気ガスによって除去されるが、船内の暖房に利用したり、タービンを使って発電に使用するなどして再使用できる。いくつかの企業が既に廃熱を再利用するシステムを開発した。この技術は船では比較的新しいが、陸ではかなりの使用実績がある。既に何百隻もの船（新造船と既存の船）に廃熱回収システムが導入されていると推定される。⁸⁸

廃熱回収システムのヨーロッパの大手メーカーはドイツのシーメンスと ImTech、それにエンジンメーカーの MAN とフィンランドの Wärtsilä である。またデンマークの Aalborg や、イギリスの Peter Brotherhood、イタリアの Turboden も主要なサプライヤーである。ヨーロッパの内外を問わず、廃熱回収システム分野で目だった活動をして

⁸⁶ <http://www.hercules-b.com>.

⁸⁷ 販売後の操作・メンテナンス契約とサービスを含む

⁸⁸ Futureship (2011)

いるのは大企業である。

欧州系以外のメーカーもあるが、ヨーロッパは廃熱回収システムの分野でリードしていると見なされる。

3.1.5 結論

コスト削減のために船舶の燃料効率を向上させるのが、造船市場をグリーン化に動かす主導要因と見なされている。次の2つが主な理由である。

1. 海上輸送業界では競争率が激しくなり、運送料やチャーター料が値下がりした。TCO（トータルコストオブオーナーシップ）の観点から船主はコスト削減を目指しているが、燃料コストは営業コストの主要部分を占めている。
2. 燃料価格高騰のため、燃料コストが他のコストに占める相対的比率を削減（あるいは上昇率を抑制）させるための手段として、船の燃料効率改善に対する需要が生じた。

市場の将来性は非常に高いと思われる。燃料価格の上昇および政府による排ガス規制の影響を受け、新しい船舶は全て燃料効率を向上させるトレンドを踏襲するからである。燃料効率の良い船への需要が、(特に EEDI 関連の)規制に主導されて生じるのは、ごく限られていると思われる(本稿 4.3 参照)。燃料効率を向上させるため、船の買い替えを急ぐのは一部の市場では既に見られるが(viz コンテナ船など)、限定的である。世界の既存船舶がまだ比較的新しいため、早急な買い替えは抑制されている。燃料価格が急激に上昇する場合、既存の船の改修においては効果が実証済みの燃料効率改善技術を取り入れる機会が増加するであろう。しかし航海ルートや取り付けが必要な技術の複雑さによって市場規模は異なってくる。

市場の将来性のある主な分野は以下の2分野である。

- 料効率の良いシステム。(船体設計や、使用するプロペラ、PID、最適化された航海やエンジン、廃熱回収など)
- 代替燃料の開発。(LNG やハイブリッド、風力など)

燃料効率の良いシステムへの需要が生じる上で、下記のような障壁がある。

- 技術開発上の障壁:この分野では障壁は少なく、(国によって異なるが)熟練エンジニア不足や、(新しい技術開発につきものの問題である)資金調達の難しさ程度である。

- 技術を向上する上での障壁:この分野での主な障壁は、有効性が実証されていない技術への投資に船主が消極的なことである。このためメーカー側も有効性を証明する機会が奪われている。
- 需要が生じる上での障壁:海運会社が一般的に保守的なのが障壁となっている。より具体的な障壁は、投資コストは船主が負担することになるが、投資の見返りは船の運航会社が得るというスプリット・インセンティブである。最後に、燃料価格水準と上昇率が不確実なため、投資回収期間が不透明となり、このため投資に消極的になっているという点も挙げられる。

燃料効率向上の必要性に対応する上で、EU の造船業界は良い位置にいる。船舶のエネルギー効率を向上させる技術を提供するメーカーは、ほとんどが欧州企業であり、分野によっては欧州企業が独占しているものもある。大企業によって占められる分野（特にエンジン製造分野など）もあれば、中小企業が中心の分野（風力を利用する技術など）もあり、分野によって企業サイズに明らかな違いがある。

燃費効率の向上を目指す傾向は、船舶の種類を問わずに全ての船舶で今後も続くと思われる。現状欧州企業は市場で良い位置にいるが、だからと言ってヨーロッパの造船所がアジアの造船所に奪われた各種船舶の建造を取り戻せるとは限らない。ただし、ヨーロッパで建造される船舶はこれから全て、燃料効率向上の要求に直面することになる。また、船舶の大半はヨーロッパ以外で建造されているため、欧州企業には輸出機会が生じる可能性がある。この市場機会の将来性は部分的には、ヨーロッパ以外の主だった造船所の自製かアウトソースするかの決定に左右される。

3.2 トренд 2: 環境意識と CSR（企業の社会的責任）

3.2.1 主導要因

消費者の環境意識の高まりにより、環境への負荷が低い製品を販売する企業の相対的優位性が高まってくる。このため荷主は海運会社に対して、環境に優しい船の運航を望むようになってきた（よく例に出されるのは IKEA と Cargill である）。その結果、環境に優しい船舶や、燃料効率を向上させる装置への需要が増大する。荷主や海運会社の CSR 意識の増加も同様の効果をもたらしている（例えば Maersk は環境保全イメージを推進している）。荷主や港のなかには船の環境パフォーマンスの向上を推進しているところがある（CSI や、ESI、グリーン・アワードなど：Box 3.4 参照）。また、地域単位での取り組み（バルト海海運会社や、北西ヨーロッパのポート・ネットワーク等）も見られる。

この傾向が現れている例として、クルーズ船の乗客が挙げられる。クルーズ船の乗客

は、たとえ費用が余計にかかっても、環境への負荷の少ない船でのクルーズを好む。一般消費者の他に海運会社も、港が環境に優しい船に対して割引を提供する場合があるため、環境意識の高いユーザーとなる。船主は CSR のために所有船舶の環境パフォーマンスの改善を目指し、同様に荷主にとっても輸送上の負荷低減を含めて環境への負荷を減らすことが重要となってきた。これは荷主（貨物量の多い IKEA や Cargil など）の顧客（消費者）が、購入する製品の環境への負荷を重要視するからである。荷主は長期チャーター契約にある船の環境パフォーマンスの改善を要求、または環境パフォーマンスの良い船をチャーターする可能性があり、船主が船舶の環境パフォーマンスを改善するためのインセンティブとなる。

こうしたなかで、船の環境パフォーマンスを比較する指標が作られており、比較が容易になっている。(Box 3.3 参照)

Box 3.3 「環境に優しい海運業者指標」と「環境に優しい船舶指標」

「環境に優しい海運業者指標」はスウェーデンの大手荷主により、調達に使う船の環境パフォーマンスを評価する際の参考資料として作られ、2007 年に制定された。この指標の主要な項目は以下の通りである - CO₂ および、NO_x、SO_x、浮遊粒子状物質(PM)、水と廃棄物のコントロール、ならびに化学物質。異なる分野からなる 20 項目の得点が均等加重され、総合スコアが出される。既に大手荷主 30 社が「環境に優しい海運ネットワーク」に加入している。参加各社は輸送業者指標のデータベースにアクセスして、船の環境パフォーマンスを基に、使用する船を選択できる。

インセンティブとして港が制定した「環境に優しい船舶指標」は、EU の造船業界が CSR への考慮の影響を受ける例である。ヨーロッパの港の幾つか(2012 年 1 月現在 13 の港)では環境に優しい船舶指標を基に、港湾使用料を割り引いている。現在、578 隻が環境に優しい船と認定されている。この指標では船から排出される窒素化合物や硫黄化合物を直接考慮し、エネルギー効率の記録・管理を表彰する。10 ミクロン以下の浮遊粒子状物質の排出量も、SO_x との深い関連で間接的に含まれる。このシステムは現行の国際法の規定を超えるパフォーマンスを評価するように制定されている。

出典： <http://www.cleanshippingproject.se/> と <http://www.environmentalshipindex.org/public/home>

3.2.2 市場の将来性の評価

環境への意識、持続可能な製品の生産・消費への関心はヨーロッパで特に高まっているが、造船部門で民間企業が投資する額は利益追求の機会が無い場合、限られている（これは他の業界の民間セクターでも同様である）。また、コンシューマ製品の商品価値チ

エーンのなかで運送部分は「隠れて」おり、消費者が最終的に商品を購入する際には見えない（また当然ながら、個人消費者は船を最終商品として購入する傾向にはない）。

このため、CSR や環境意識によって導かれる活動は、環境保全と経済競争力との間に明確な相乗効果がある場合に行われている。造船業界において CSR によって動かされる活動は、手短かに言うと(1) 大抵の場合、収益機会に直接結びついている、(2) 往往にして（船主と海運会社など）業者間での取り組みとなっている、(3)（旅客フェリーやコンシューマ向け商品を運搬する貨物船など）消費者に近い部門で行われる場合が多い。

熱効率と CSR/環境保全に考慮しているイメージを出すマーケティングは、環境に優しい製品を求める主導要因となっている。船の運航がエンドユーザーに近く、船がよく「見える」場合、CSR と環境意識の高まりは、燃料コストの削減と一体となっている。Box 3.4 で一例を示す。

Box 3.4 風力発電を使用する初のハイブリッドフェリー

Stena Line は、風力発電設備をフロントデッキに備えた船を運航する初のフェリー会社である。この風力発電設備は既存の船に取り付けられ、取り付け費用は 11 万ユーロであった。風力の利用で燃料は 2%節約された。スウェーデンやドイツでは更なる燃料の節約を達成するための研究が行われている。このフェリーはデンマークとスウェーデン間を結んでいる。



Stena Line の取り組みは、CSR の達成になる一方で、燃料効率の向上にも繋がっている。同社は環境への負荷を削減しようとしている多くのスカンジナビア企業のひとつで、他には IKEA や、ボルボ、H&M、Scania などがある。

出典: <http://viaggi.repubblica.it/multimedia/svezia-il-primo-ferry-bipower-che-usa-energia-eolica/29966152/1/1>

3.2.3 主な障壁

環境意識の高まりによってが需要が形成される上での主な障壁は、投資が直接、投資収益に結びつく機会が不足している点である。会社の環境保全への取り組みをクライアントが認識して、割高な料金を進んで支払う場合、環境保全イメージの構築は長期的には元が取れる投資と見なされる。しかし経済低迷時には、顧客は割高な料金の支払いに消極的になるため、投資する側も投資に消極的になる。

使用可能な技術および関連する障壁に関して言えば、これらはエネルギー効率の向上や排出量の削減に関連するものと大差はない。(本稿 3.1 と次章参照)

3.2.4 EU の業界の位置と技術的な対応

環境意識の向上や CSR の求めに対応する技術は、熱効率の向上や排出ガス削減に使われる技術と同様のため、この分野での EU 業界の位置付けは後者での位置と同様である。環境意識や CSR に環境保全活動を取り入れる動きは、ヨーロッパが他の地域より進んでいるという印象があり、これは肯定的な要素である。このため、ヨーロッパの産業にとって、これは「お家芸市場」という利点がある。

3.2.5 結論

世界で、特にヨーロッパでは、環境意識と CSR（企業の社会的責任）への関心が多く分野で高まっている。この傾向の影響は業界内でも分野によって違いが見られ、一般的にはエンドユーザーに近い部門や、荷主の環境保全イメージが市場での地位に有利に働く場合、大きな影響が見られる。輸送時の環境への影響は最終商品からは見えず、また、商品の環境全体への影響に占める割合も小さいためである。船の環境パフォーマンスを上げるために環境保全に役立つ技術に投資しようとする意欲は、明確な収益機会が存在している場合に限られている。実際のところ、環境保全意識や CSR に基づく投資は、他の主導要因、特に船の燃料効率を向上させる取り組みとの組み合わせで行われている。このため、この市場の将来性を推定するのは困難で、本稿で述べている他の主導要因によって生じる市場に、限定的に追加される程度と見なされる。

需要を生む上での障壁として、投資回収の問題や、「グリーンなイメージ」への投資資金を削減する現在の経済危機のような市場要素が挙げられる。

環境意識と CSR が主導する市場トレンドへの対応で、EU 産業界の位置は本レポートの他の主導要因で述べた技術上の強みをベースにしている。具体的な強みは以下の通りである。

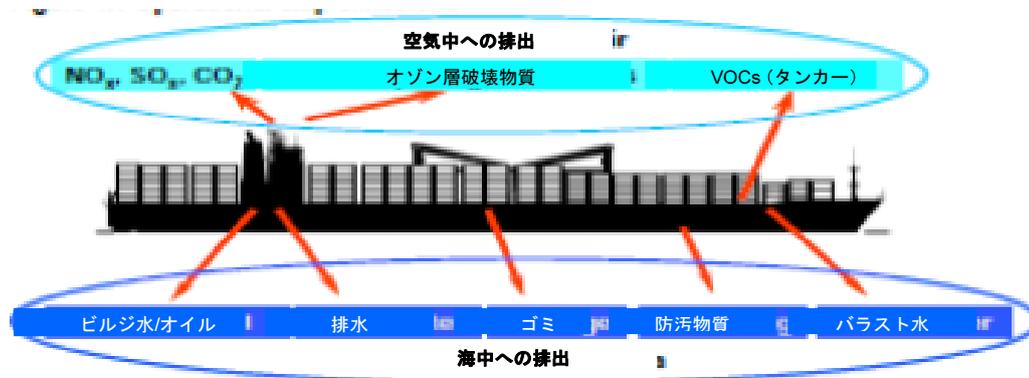
- EUでは一般に環境意識が高い。このため環境に優しい船の運航を地元が求めたり、(船主と地元サプライヤ間などで)新たに提携を結んだりなどが有り得る。
- 付加価値の高い船は、更なる環境保全のための費用をより容易に支払える。
- 環境保全を重視するトレンド(燃料効率、大気汚染防止など)の影響を受けた分野の多くは、ヨーロッパの船用機器産業が強い分野である。

4 規制が生むトレンド

トレンドの推進役である市場と並び、規制もグリーンマーケットにチャンスをもたらすものである。推進力となる規制は、それによる直接的な影響を明確に示しながら業界のビジネスを動かしていく。理論上は規制の「アメ」（助成金、グリーンな取り組みに対して与えられる減税のほか、入港税の優遇など）と同時に「ムチ」（排出上限値の義務など）であるが、実情としては後者の方が現実だ。

規制によるトレンドは、IMO や EU、そして国家レベルの規制からなるいくつかの規制の層から生まれてくる。海運に関する環境規制の多くは IMO の場で国際的に制定されており、その中には EU の造船業界に影響があるカテゴリーもいくつか存在する。海運において環境への影響が大きいのは排出で、図 4.1 で示すように、空気中へ放出されるものと水中へ放出されるものとに分けられる。これら船舶からの排出は主に IMO のマルポール条約の規制を受ける。そのほか環境に関する条約としては、バラスト水管理条約がある。

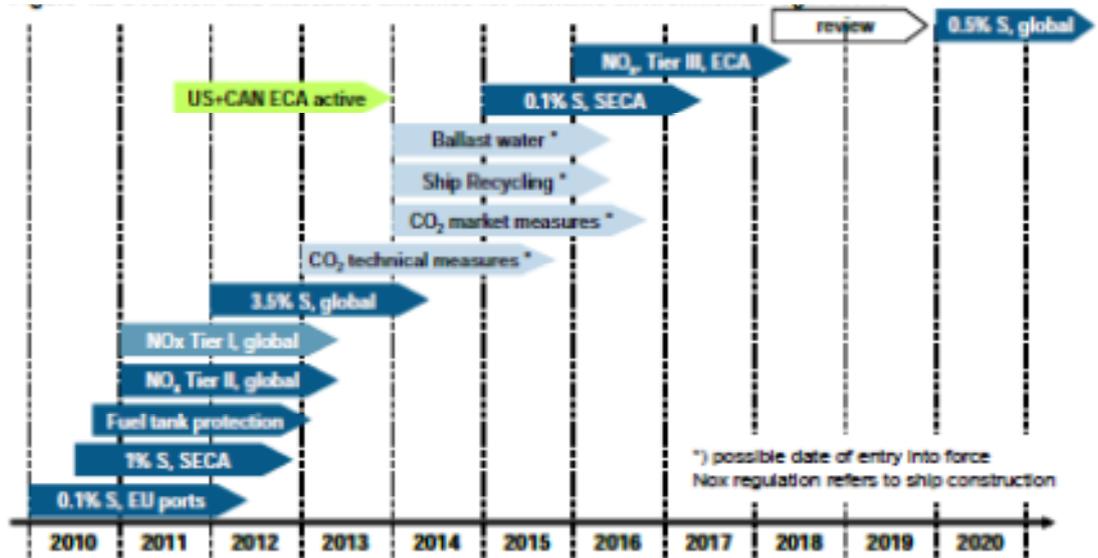
図表 4.1 操業船舶からの排出



出典：FutureShip GmbH（GL グループ）

海運は将来にわたって徐々に厳しさを増してゆく環境規制に直面している。この点について、すでに採択されている規制、そして現在議論が進められているものをベースに今後見込まれるロードマップを図 4.2 に示した。

図表 4.2 海事環境規制の概略とスケジュールの目安



出典：FutureShip GmbH（GL グループ）。施行見込日程は参考。

IMO マルポール条約の附属書 VI では船舶からの排気に含まれる SO_x や NO_x の排出に規制を設け、オゾン層破壊物質を故意に排出することを禁止している。IMO の排出基準は 400GT を超える船舶と 130kW を超えるエンジンに対して適用される。NO_x 排出基準は通常 Tier 1 / 2 / 3 と称し、Tier 1 は附属書 VI の 1997 版の中で規定され、また Tier 2 と 3 については 2008 年に採択された附属書 VI の改正として規定された。

特定の地域に対する、より厳格な排出基準も今後考えられる。附属書 VI の改訂版では排出規制海域（ECA）に対して船舶から発生する SO_x、粒子状物質（PM）、そして NO_x のそれぞれ、あるいは 3 種類すべてについて制限を設けることが可能である。

- 規制によるトレンドは企業の行動に対し直接的または間接的な変化をもたらすものである。本章では以下のトレンドについて分析する。
- トレンド 3：NO_x 削減
- トレンド 4：SO_x 削減
- トレンド 5：CO₂：EEDI、SEEMP および IMO で議論されている対策
- トレンド 6：バラスト水および沈殿物処理

4.1 トренд 3：NO_x 削減

4.1.1 推進役 世界的規制

2010年3月、米国、カナダおよびフランス領海（領海基線から外側200海里までの海域）の特定海域が、NO_xおよびSO_x両方の排出についてECAとしての国際的指定を受けた。北米ECAは2012年8月に発効する。また2011年7月、IMOはプエルトリコおよび米領ヴァージン諸島沿岸に位置する海域を含む米国カリブ海をECAに指定する提案をしている。SO_xの第1フェーズは2014年から、第2フェーズは2015年、そしてNO_x基準は2016年に発効する。

バルト海沿岸諸国では、バルト海にNO_x ECA（NECA）指定を受けるべくIMOへの追加申請の準備が進む。また北海コンサルテーショングループも北海におけるNECAのメリット、デメリットを調査中である。

表4.1ではNO_xの排出量上限を示した。2000年1月1日より前に建造された船舶にはTier1が適用される。Tier2の基準は2011年1月に発効した。NECAに指定されている海域では、新たに建造される船舶はTier3に適合する必要がある。これはTier1に比べて80%の削減となる。NECAの施行は公式にはまだ米国のみでヨーロッパはまだであるために、どの程度市場の妨げとなるかはいまだ不明である。

表 4.1 NO_x 排出量の上限

	ディーゼルエンジンを搭載する船舶の建造時期	速度(n)rpm	NO _x 排出量上限 (g/kWh)
Tier 1 (エンジンでのコントロール)	2000年1月1日から 2011年1月1日まで	<130	17.0
		130 ≤ n < 2,000	45.0*n ^{-0.2}
		n ≥ 2,000	9.8
Tier 2 (エンジンでのコントロール)	2011年1月1日より後	<130	14.4
		130 ≤ n < 2,000	44.0*n ^{-0.23}
		n ≥ 2,000	7.7
Tier 3 (強制後処理)	NECA内を航行する場合、 2016年1月1日より後	<130	3.4
		130 ≤ n < 2,000	9.0*n ^{-0.2}
		n ≥ 2,000	2.0

NO_x 排出削減技術の開発は、2016年以降に建造される船舶のエンジン出力ユニットごとの排出量を定めたマルポール条約附属書VI（Tier2）規則が推し進める形となっている。このタイプのエンジンはほとんどのエンジンメーカーが扱う。排出管理海域に適用されるさらに厳しい基準（Tier3）をクリアするためには、選択還元脱硝（SCR）の採用またはLNGや二元燃料エンジン搭載など、排出ガス処理装置を船舶に装備すること

が必要となってくる。

EU 規則

IMO / マルポール条約は守るべき NO_x 排出基準のベースを定めたもので、EU メンバー各国だけでなく他の国々に対しても適用される。ヨーロッパ連合自体はマルポール条約⁸⁹のメンバーではないが、各加盟国（IMO 規則の批准国であるか否かを問わず）に環境基準を確実に守らせるためマルポール条約⁹⁰の主要基準を踏襲する大気質枠組指令⁹¹を採択した。指令には特定の汚染物質に関する限界値が定められ、超過は認められない。EU 大気質基準では、港湾は港湾地域の大気質が閾値を超えないよう確実にする義務を負う。陸上給電システム（OPS）は EU 造船業界に影響を与えかねない大気質を改善するため港湾がとった施策の一例である。

国家および地域による規制

2007 年以来、ノルウェーでは個別の NO_x 排出源ごとに課税が行われている。ノルウェー領海を航行する船舶（750kW 超のエンジンおよび 10MW 超のボイラー）からの NO_x 排出も課税対象である。NO_x 合意を結ぶことで船舶への課税免除を受けることができ、免除を受けた船舶は代わりに民間の NO_x 基金へ拠出を行う。基金の収入は NO_x 削減手段の取得を支援する資金に充てられる。

スウェーデン国内の港は、ヨーテボリ港、ヘルシンボリ港など数か所で燃料の硫黄含量および/またはエンジンの kWh ごとの NO_x 排出量に応じた港湾使用量の割引を行っている。同様の施策はヨーロッパの他の港でも見受けられ、ハンブルク港は船舶全体の排気（NO_x、SO_x、CO₂ など）を削減することで割引を行う。またロッテルダム港ではクリーンな内航船舶については 15%を割引く一方で汚染物質を排出する船舶には 10%を上乗せする⁹²。同様の動きはさらに多くの港に広がる傾向にある。

4.1.2 市場潜在力の評価

Tier 3 の NO_x 排出レベルを達成するため、以下のようなさまざまな技術の検討、開発が進められている。

- 選択触媒還元（SCR：触媒反応プロセスにより NO_x を窒素と水に還元する仕組み）
- 二元燃料エンジン（HFO と LNG で燃料の切り替えが可能なエンジン。例えば、NECA 航行中にエンジンはより高価で NO_x の少ない LNG を使用し、NECA 海域を出た後

89 <http://www.imo.org/About/Conventions/StatusOfConventions/Pages/Default.aspx>、最新状況は 2012 年 2 月 29 日更新

90 委員会は十分な排出削減を実施するために IMO を後押しする意図があるが、IMO が失敗に終わった場合は委員会で独自の対策をとるとも述べている。

91 2008/50/EC 指令

92 <http://www.portofrotterdam.com/en/News/pressreleases-news/Pages/discount-port-dues-year-row.aspx>

は汚染物質が排出されるが安価な HFO へ切り替える。)

- 液化天然ガス (LNG) エンジン
- 排気再循環 (EGR、マルチステージターボチャージャーと組み合わせたもの。EGR は排出ガスを再循環させて省エネルギーを実現する方法)。改修でも装備可能。

Tier 3 の上限値は新船に対してのみ適用される。船舶の更新がおよそ 30 年ごと⁹³であることを考慮すれば、投資コストは長い年数にわたり分散されることになる。Bosch (2009) は、2020 年における追加投資コストは 4 億 5200 万から 6 億 4500 万ユーロと予想する。Bosch (2009) が環境総局 (DG Environment) のために行ったこの調査報告は、(現在は対象外の) ヨーロッパの NECA に対して施行された場合の潜在性を、地中海も NECA に指定されるという仮定を含めて見積っている。

米国としては、2016 年以降 (米国 EPA は 2009 年) の IMO Tier 3 によって 15,200 隻の船舶が影響を受けると予測される。Bosch (2009) の調査で言及された投資コストにより、Tier 3 においての米国の市場規模は 2030 年までの期間に累計 70 から 90 億ユーロに達する見込みである。

表 4.2 NO_x 削減対策による市場潜在力 (単位: 10 億ユーロ)

期間	地域 米国 NECA (実施済み)	予定されるヨーロッパ NECA における予想 (バルト海、北海および地中海の合計)
2015-2019	2.0-2.6	2.6-3.5
2020-2024	2.4-3.0	3.0-4.0
2025-2030	2.7-3.5	3.4-4.6
2015-2030 累計	7.1-9.1	9.0-12.1

既出のいずれの調査も、シナリオの中で推進技術となる LNG を潜在力あるソリューションとしては取り上げていないが、LNG はより高額の追加投資と結びつくことから、LNG 推進技術の多くが実現されることになれば潜在力も高まるであろう。

4.1.3 主な障害

障害となるのは、以下の 3 つのカテゴリーである :

- NO_x 排出削減技術の開発に対する障害
- NO_x 排出削減技術を高めることに対する障害

93 経済状況によってはこの期間は長くも短くもなりうることに注記されている。現在の危機によっても、2007/2010 の期間の平均寿命を 2 から 3 年短縮する結果となった。(UNCTAD、2011)

- NO_x 排出削減技術に対する需要の高まりを阻む障害

NO_x 排出削減技術の開発に対する障害

概して、造船および船用業界では NO_x 排出管理技術を十分に利用可能な状態にある。新技術の開発に関する障害は比較的少ない。ヨーロッパでは造船所と船用業界のいずれもグリーンイノベーションを進めており、今後も続く。

ヨーロッパをベースとする MAN や Wärtsilä などのエンジンメーカーは、Tier 2 に適合するエンジンや Tier 3 に沿った機器を供給している。

NO_x 排出削減技術を高めることに対する障害

造船や船用機器の分野で提案されるイノベーションのすべてが海運会社にとって有効かつ信頼できると受け止められている訳ではない。そのため海運会社は新たな技術への投資に消極的である。そうして試行錯誤の機会が奪われ、イノベーションが妨げられている。

イノベーションの信頼性がしばしば疑問視されるのは排ガス分野である。いくつかの技術が固定および/または陸上での使用（トラック向けの SCR など）を想定して開発されているが、その技術を海上でも安定的に利用できるのかについては関係者の多くが疑問を示唆する。こうしたことが技術の導入に対する大きな障害となりかねない。

技術の向上に寄与すると期待されるのがノルウェーの NO_x 基金である。同基金は海運会社に NO_x 削減技術へ投資するための助成金を提供している。この基金によってすでに 32 隻が LNG または二元燃料のエンジンを搭載し、さらに多くの船舶が SCR またはその他の NO_x 削減技術を取り入れている。基金は対象企業の国籍を問わず、また技術の提供元に関する制限を設けていないことから、EU 内の船用業界にも恩恵がある。マルポール条約附属書 VI の要件と異なり、NO_x 基金は既存の船舶にも削減技術の導入を後押しする。

これまで EU の船用業界が NO_x 排出削減技術の向上に対する何らかの障害に直面していることを示唆するものは発見していない。

NO_x 排出削減技術の需要の高まりを阻む障害

関係者の多くは、技術の供給が船主や海運会社からの需要を上回っているとの意見である。しかし、新たなグリーン製品への需要の高まりを阻害または先延ばしさせる複数の

障害が存在している。

NO_x 削減技術に関する規制の不確定性は概ね限定される。マルポール条約上、2016 年以降に建造され NECA 海域を航行する船舶であれば従わなければならない。それらのエンジン排気は Tier 2 または Tier 3 の上限値を下回ることが認証されたものでなければならないということである。遵守状況はすべての港で監視され、マルポール条約附属書 VI を批准している寄港国は違反した船舶を取り締まることができる。

しかし、規則や市場による具体的な不確定性が LNG および二元燃料エンジンの需要に影響を及ぼしている。安全のための規則あるいは統一された規則がなく、また LNG の給油設備の設計に関しても統一基準が存在しないという事実が、他の理由に加えて船舶の代替燃料として LNG がより広く利用されることを妨げる一因となっている。陸上の電力システムも同様で、統一基準がないために技術の普及が妨げられている。

さらには代替燃料としての LNG 利用、または陸上電源からの供給を受ける場合、港湾など第三者によるインフラ投資が必要となる。インフラの規模が限られている状態ではこれらの技術は実現が難しく採算も合わないため需要は非常に限定される結果となる。

LNG と二元燃料エンジンに対する需要はまた、これらの燃料の現在または予想される価格にも左右される。

世界的に見れば LNG 燃料補給インフラの供給は障害であるが、EU には明らかに地域特有の状況がある。ヨーロッパ内の燃料補給インフラが優れていれば、世界の他の地域でインフラが不十分であっても主にヨーロッパ内を航行するフェリー、沿岸航行船、フィーダー船などの船舶の LNG 需要は高まることが考えられる。燃料補給の安全規則も港湾または国によるものであることから、地域的に一致を図ることもできる。

4.1.4 EU 業界のポジションと対応技術

LNG

NO_x 排出を削減するひとつのソリューションとしては、船舶燃料として石油燃料に代わり LNG を利用することが挙げられる。LNG を燃料に使用するためには新たなエンジンが必要となる。LNG 専用のエンジン、そして重油燃料と LNG 両方が可能な二元燃料エンジンのいずれでもよい。4 サイクルエンジンで LNG を使用した場合、80%の NO_x 排出削減効果が実現できる⁹⁴。

94 Futureship (2011)

この分野における主役はヨーロッパ企業で、必然的にいずれもエンジンメーカーである。主な企業としては MAN⁹⁵、Wärtsilä⁹⁶、Caterpillar/MAK⁹⁷がある。ヨーロッパ企業は市場シェアで言えば LNG マーケットをリードする存在であるが、大手アジア企業数社も LNG を船舶燃料として使用するエンジンの開発を進めている。

LNG を船舶燃料に使用できるエンジンはすでにさまざまなタイプの船舶へ搭載されている。特に旅客船やカーフェリーではすでに数多くの船舶が LNG を使っている。さらにケミカルタンカーや貨物船、オフショア船など多くの船舶でも LNG への転換が進む。しかしセクション 4.1.3 の障害に関する記述の通り、インフラの欠乏が LNG 燃料船舶の普及の制約となっている。港湾インフラに必要な投資、そして明確な規制基準の不在などに理由がある。

SCR

NO_x 排出削減の第 2 のオプションとしては船舶に SCR システムを搭載することがある。このシステムは NO_x を窒素と水へ還元するもので、SCR システムの利点は既存の船舶への取り付けが容易なことだ。システムはすでに市場に出回っているが、導入実績や市場浸透率はいまだ低い。

主要企業はすべてヨーロッパに集中している。いずれも中小企業に分類される。中でも目立っているのはドイツの H+H Umwelttechnik、ノルウェーの Yarwill AS⁹⁸、スウェーデンの D.E.C. Marine AB⁹⁹ (Wartsila と提携中)、同じくスウェーデンの STT Emtec¹⁰⁰ (Volvo Penta と提携中)、そしてフィンランドの Proventia¹⁰¹ (Volvo Penta と提携中) である。

4.1.5 結論

IMO マルポール条約附属書 VI は NO_x 排出に関する主要な規制推進力となっている。排出規制は 2000 年 1 月 1 日以降新たに建造された船舶に適用され (Tier 1)、2011 年 1 月 1 日以降建造の船舶についてはさらに削減量を強化したレベル (Tier 2)、また 2016 年 1 月 1 日以降は NO_xECA を航行する船舶に対してはさらに一層の削減が求められる。NO_xECA の設定は現段階では米国のみでヨーロッパには行われていない。さらに国レベルでは、ノルウェーの NO_x 税や基金が NO_x 排出削減を推進している。

95 http://www.tge-marine.com/index.php?article_id=29

96 <http://www.wartsila.com/en/Home>

97 <http://marine.cat.com/>

98 <http://www.yarwil.com/>

99 <http://www.decmarine.com/>

100 <http://www.sstemtec.com/1/1.0.1.0/1042>

101 <http://www.proventia.com/sivu/en/>

Tier 1 そして Tier 2 の要件はエンジンでの対応（燃焼プロセスの適化）によって適合できるが、Tier 3 については低 NO_x 燃料への変更または後処理が必要となる。Tier 3 の NO_x 排出レベルに適合するために有効な技術は主に次の通りである：

- 選択触媒還元（SCR）
- 二元燃料エンジン（HFO と LNG を組み合わせて使用）
- 液化天然ガスエンジン（LNG）
- 排気再循環（EGR）-このシステムは改修によって取り付けることができる。

米国における NECA 実施後の市場規模は、2030 年までの合計で 70 から 90 億ユーロと見積もられている。ヨーロッパでも NECA がバルト海および北海、地中海に設定された場合には 90 から 120 億ユーロの市場潜在力が生まれる。これは新船についてのみで、改修船は含まない。

市場潜在力に応えるだけの十分な技術は用意されている。この分野ではヨーロッパ業界が数多くのイノベーションを開発済みである。しかし Tier 3 の規制要件実施が 2016 年からであることから市場への導入はこれまでのところ限定的で、海運会社ではそれら技術の有効性や信頼性を不十分であると考えており市場導入の妨げとなっている。ノルウェーの NO_x 税のようなインセンティブ策は船舶の NO_x 削減技術導入を後押しするものである。

LNG を燃料として利用することについては具体的な障害が特定されている。港湾インフラと安全に関する明確な規制制度が懸案である。

ヨーロッパメーカーは LNG システム（主エンジンメーカーである MAN や Wärtsilä はヨーロッパ企業であるが、アジアにもアクティブな競合企業がある）と SCR システム（この分野では数多くの中小企業が活発に活動中）の供給において優位な状況にある。

4.2 トレンド 4：SO_x削減

4.2.1 推進役

IMO マルポール条約附属書 VI では船舶の排気中の SO_x 排出に対して上限を設定している。マルポール条約は船舶に対して 2020 年以降は硫黄含有量 0.5%以下の燃料使用を求めている（現在の上限值は 3.5%、下記の表 4.3 参照）。SECA においては 2015 年以降、硫黄含有量 0.5%以下の燃料を使用しなければならない。

重油に比べてコストの高い低硫黄燃料を使用する代わりに、排出ガスから SO_x を除去する集塵装置を船舶に使用することができる。硫黄分をほとんど含まず、また低硫黄ディーゼル燃料と比べてコストが安い傾向にあることから LNG の使用も規制対応策として有効である。

燃料の硫黄含有量の規制値を下を表 4.3 に示した。SO_x 排出削減には代替手段も認められる。例えば燃料の硫黄含有量の 1.5% の差を埋める代わりに、船舶は排出量を制限する技術（排出ガス洗浄システム/集塵装置など）を利用することもできる。

表 4.3 燃料油の硫黄含有量上限値（マルポール条約 附属書 VI）

	硫黄含有量上限値 (%)	期限
全世界	4.5%	2012 年 1 月まで
	3.5%	2012 年 1 月 1 日より
	0.5%	2020 年(または 2025 年) 1 月 1 日より ¹⁰³
SECA 内	1.5%	2010 年 3 月 1 日まで
	1.0%	2010 年 3 月 1 日から
	0.1%	2015 年 1 月 1 日から

バルト海、北海と英仏海峡は 2005 年、SO_x 排出規制海域に指定された。

103 改訂されたマルポール条約 附属書 IV では 2 つの発効日を設けている。まず 0.5% の硫黄含有量上限値を 2020 年に実施する予定であるが、2025 年へ延期する可能性もある。延期は 2018 年までに終了する見直しの結果に応じて判断される。

図表 4.3 北海およびバルト海の排出規制海域



出典：Sustainable shipping (2009)、排出 control Areas (ECA's)、what you need to know、www.sustainableshipping.com

EU による規制

IMO による硫黄規制に加え、EU 指令（2005/33/EC）がヨーロッパ内の港湾停泊時に使用する燃料の硫黄含有量に上限値を定めている。2010 年 1 月 1 日より、硫黄の上限値は 0.1 パーセントに規定されている。多くのギリシャ船舶に対して認められてきた適用除外は 2011 年 12 月 31 日に失効した。

4.2.2 市場潜在力の評価

硫黄含有量の制限に適合させるための主な技術は以下の通りである：

- 低硫黄燃料（MDO または LNG）の使用
- 排気ガスから（化学）反応を利用して SO_x を除去する集塵装置。SO_x はシステムにより異なる物質と反応し中和される。

ほとんどのエンジンは低硫黄燃料での運転が可能であるが、集塵装置や LNG エンジン は造船業界や船用機器業界に市場潜在性をもたらすことができる。

造船所については船舶に集塵装置を搭載したり、低硫黄燃料や LNG を使用したりすることで SECA における燃料中の硫黄分を 0.1%と定めた規則に適合することができる。分析によれば、SECA 内での船用軽油 (MGO) と重質燃料油 (HFO) の消費割合 (SECA 以外の海域における燃料消費と比較した場合) やそれらの価格差によって、集塵装置への投資回収期間に差が生じる。例えば中国とロッテルダム間を航行するコンテナ船が、その航行時間のうちのわずかな時間しか SECA 海域を通過しない場合、常に北海 SECA のみを航行する RoRo 船よりも投資回収期間ははるかに長くなる。

Bosch (2009) は集塵装置が ECA 海域を航行する全船舶に搭載された場合の市場規模の見積りを行っている。集塵装置の種類に応じ、年間コストは 6 億 8 千万ユーロ (オープン集塵装置の場合) から 20 億ユーロ (クローズド集塵装置)¹⁰⁴とみる。これらのコストは減価償却年数を 12.5 から 15 年、利息 4%として算出したもので、提示されたコストの 95%を投資コストが占める。一回限りの投資コストを前提とした現在のヨーロッパ SECA の投資コストは今後 30 年間にわたり 160 億から 460 億ユーロに達する¹⁰⁵見込みで、その市場の大部分は改修であると考えている。船種にもよるが Bosch (2009 年) によれば 2020 年までの間、48~78%は改修になるとしている。2015 年から 2020 年の市場潜在力が特に高い理由は、現在航行中の船舶すべてがこの期間に改修を行い、その後の期間については新造船のみの市場となると想定してのことである。

表 4.4 SECA における SO_x 削減措置による市場潜在力 (単位: 10 億ユーロ)

	現在のヨーロッパ SECA (バルト海および北海)	地中海が SECA 指定 された場合の推定	
2015-2020	8-23	13-39	主に改修
2020-2025	1-4	2-5	主に新造船
2025-2030	1-4	2-5	主に新造船
2015-2030 累計	10-31	17-49	

全ての船舶が集塵装置を搭載する訳ではなく、燃料の LNG や低硫黄燃料への切り替えにとどまる船舶もあることから、投資額の見積りは上限額であると理解すべきである。従って集塵装置と LNG 技術の市場潜在力は、0 から上の表の上限値の間と考えられる。

2020 年(または 2025 年)に全世界で燃料硫黄分が 0.5%まで削減されるインパクトは、世界の海を航行する船舶全てが SO_x 排出を大幅に削減しなければならないことを考慮すると、造船分野にとってより大きなものとなることが予想される。

104 このセクションにおけるコストは全て、2005 年のユーロ相場により表示している。

105 地中海が追加された場合、投資コストは 420 億から 1250 億ユーロへ増加する。

SO_x規制は（400GT を超える）全ての船舶が対象となることから、この市場潜在力は新船と既存船舶の改修の両方に影響がある。

4.2.3 主な障害

障害となる2つのカテゴリーが特定されている：

- SO_x 排出削減技術の開発における障害
- SO_x 排出削減技術に対する需要喚起における障害

SO_x 排出削減技術の開発における障害

概して、造船および船用機器業界における技術は十分に提供されている¹⁰⁶。新技術の開発に関する障害は比較的少ない。ヨーロッパの造船所および船用機器業界のいずれもグリーンイノベーションを進めており、今後も続くと思われる。

硫黄排出の分野においてはイノベーションの信頼性がしばしば疑問視されていることから機能を高めることが難しい状況にある。多くの技術は固定および/または陸上での使用（陸上動力装置の集塵装置など）を想定して開発されており、その技術が海上でも安定的に利用できるのかについて関係者の多くが疑問を示唆している。こうしたことが技術の導入に対する大きな障害となり得る。例えば、ECA の硫黄排出基準に適合するために海運会社は低硫黄燃料を使用するか、または集塵装置の設置を選択することができる。低硫黄燃料の排気と船舶に与える効果は広く知られている。一方で集塵装置の信頼性に疑問が生じれば、海運会社は集塵装置の不具合によって罰金や低硫黄燃料の使用を余儀なくされるリスクを負うことになる。船主はこのリスクが大きすぎると考えている。

SO_x 排出削減要件は2015年にECAを航行する船舶に対して、2020年には全世界を航行する船舶に対して発効する。ほとんどの船舶は5年サイクルでドックに入ることから、船主は2011年以降集塵装置の導入を開始すると考えるのが妥当であると考えられる。しかしこれまでに集塵装置を導入した船舶はごく一部に限られている。多くの企業は船舶セクターの保守性を非難するが、しかし集塵装置の導入を渋る事情も理解できる。船主の立場からすれば合理的な行動で、規則が発効するまで投資に対する利益はあくまで形式的に過ぎないのである。しかし一方で、セクター全体が規則の発効直前に投資をしたならば、ヨーロッパ市場の製造部門はストレスにさらされることになる（バラスト水システムについても類似の問題が特定されている）。環境規則の施行には大きな影響力がある。環境規則に違反した場合の罰金が高額で、規則が厳格に運用されることが知られている以上は確実な脅威となることから、船主は遅れないよう確実に適合のため早めに投

¹⁰⁶セクション 5.1 参照。

資することも考えられる。

こうした障害は本レポートで言及する他の規制分野や EU 外の造船所、機器メーカーにとっても同様に重要なものである。

SO_x 排出削減技術の需要の高まりを阻む障害

大気汚染の分野では、**規則の不確実性**がしばしば普及の障害要素として挙げられる。マルポール条約 附属書 VI の規則は明確であるものの、SECA の施行日は不確実のまま。欧州委員会ではより厳格な硫黄制限の採択に関する案を 2011 年 7 月に審議している (COM(2011)439 最終)。その後、フィンランドやその他のバルト海沿岸諸国の政治家が 5 年の先送りを申し入れ¹⁰⁷、各方面の関係者もそれに同調している¹⁰⁸。ヨーロッパ議会の環境委員会は 2012 年 2 月の投票¹⁰⁹で IMO の条約案支持を決定し、それに加えてさらに同委員会では EU 間を航行する全旅客船の燃料硫黄含有上限を 2020 年より 0.1 パーセントとすることを定める投票を行っている。しかし、指令が決定されるまで、規則の不確実性は続く。

もうひとつ障害となるのは**低硫黄燃料と従来燃料との価格差**の不透明性である。海運会社が規則に適合するには低硫黄燃料の使用か集塵装置の導入が必要であり、低硫黄燃料使用によって予想される追加コストは集塵装置導入の判断を大きく左右する。最近になり低硫黄燃料のコストに関する研究結果が多く発表されており、IMO の専門家グループによる 2007 年の予想によれば、低硫黄燃料には 50%から 72%の歴史的プレミアム価格がつくという (BLG 12/6/1)。2020 年については専門家グループのレポートによれば価格が 25%上昇すると予想される。それ以降も多くの研究結果が発表され、Purvin *et al* の報告書 (2009 年) では、最大 0.5%の硫黄分を含むバンカー燃料の費用は硫黄分の多い現在の品質のものに比べて 1 トンにつき 120 ドルから 170 ドル高くなり、バンカー燃料の費用はプロセスによっては 30%から 50%上昇すると見積もる。またフィンランドの運輸通信省による報告書 (2009 年) では、硫黄含有量が最大 0.5%の HFO は、同 1.5%の HFO に比べて 13-29%高くなると予測している。市場潜在性 (前述のセクショ

107 「ECA 先送りを求める多くの声」

http://www.sustainableshipping.com/news/i106618/Wider_push_may_be_seen_for_ECA_delay 2011 年 12 月 6 日アクセス。

108 Interferry :2015 年硫黄制限は「ミッション・インポッシブル」だ

http://www.sustainableshipping.com/news/i108533/Interferry_2015_sulphur_limit?is?mission?impossible 2011 年 12 月 6 日アクセス。フェリー会社では ECA 関連の雇用損失を予測

http://www.sustainableshipping.com/news/i108644/Ferry_firm_predicts_ECA_related_job/losses 2011 年 12 月 6 日アクセス。繰り返し ECA 硫黄制限の先送りを求める BPO

http://www.portworld.com/news/i108567/BPO_repeats_call_for_delay_of_ECA_sulphur_limit 2011 年 12 月 6 日アクセス。

109 さらに委員会は 2020 年以降 EU 間を航行する旅客船燃料の硫黄 0.1 パーセント制限を定めるための投票を行った。現在の EU 制限は 1.5 パーセント。出典：

<http://www.businessweek.com/news/2012-02-17/tougher-ship-fuel-sulfur-limits-endorsed-by-eu-parliament-panel.html>

ン 4.2.2 の数値参照) の算出においては、コスト上昇予測を 10-50%とした。

4.2.4 EU 業界のポジションと対応技術

SO_x 排出については 2 つのソリューションが開発されている。ここでも LNG がそのひとつであり、もうひとつは船舶への集塵装置の取り付けである。

LNG

LNG は硫黄含有量が少ないことから、NO_x の場合と同様に SO_x 排出削減のソリューションとなる。

集塵装置

SO_x 排出削減の第 2 のソリューションは船舶での集塵装置使用である。集塵装置には湿式と乾式の 2 種類が開発されている。集塵装置は (化学) 反応を利用して排気ガスから SO_x を除去するしくみで、SO_x はシステムによって異なる物質と反応し中和される。この技術はさまざまな陸上の用途に対してすでに実績がある。

集塵装置は主にヨーロッパ企業が製造している。この市場には中小企業と大企業のいずれも参入しており、ヨーロッパの中小企業としては Hamann と Couple Systems¹¹⁰ が代表的である。これらの中小企業と並び市場でアクティブなプレーヤーとして英国の Hamworthy、フィンランドの Wärtsilä、デンマークの Aalborg Industries¹¹¹、そしてノルウェーの Clean Marine といった大企業が並ぶ。現在の市場活動という意味ではヨーロッパ企業が集塵装置市場を牽引しているが、世界の別の地域にも多くのメーカーが存在する。主な中小企業としてはカナダの Marine Exhaust Solutions (MES)¹¹²、そして大企業としては台湾に ACTI、そして米国には DuPont がある。Dupont はヨーロッパにも多くの支社をもち、集塵装置もヨーロッパ内で開発/または製造されていると考えられる。

集塵装置は新船に限らず既存の船舶への取り付けも可能である。ただし後者の場合は十分な (デッキ上の) スペースを要し、これまでに取り付けられた例は限られている。

4.2.5 結論

SO_x 削減技術のマーケットは IMO マルポール条約 附属書 VI に牽引され、新造および現存船が対象となる。NO_x の場合と同様、排出制限は時期を追うごとに厳格化し、最終的には 2015 年以降、最も厳しいな規則が SECA に対して適用されることになる。EU

110 <http://www.couple-systems.com/>

111 http://www.aalborg-industries.com/scrubber/pro_exhaust_gas_scrubber.php

112 http://www.marineexhaustsolutions.com/products_commercial.asp

においてはバルト海、北海/英仏海峡が SECA に指定されている。

要件に適合させるソリューションとしては HFO よりもコストの高い低硫黄燃料を使用するか、または集塵装置を利用した排気ガスの処理がある。商業的に理想的な選択は船舶ごとに異なり、また 2 つの燃料の価格差に大きく依存する。燃料としての LNG は、硫黄含有量の少なさと他の低硫黄燃料と比べた価格の低さから有力な候補だろう。

SO_x 削減技術の市場潜在力は現在のヨーロッパの SECA を基準に考えた場合、2030 年までに 100 億から 310 億ユーロと見積もられる。地中海も SECA に加わればさらに 70 億から 180 億ユーロの上乗せとなり、3 つの SECA 合計の市場潜在力は 170 億から 490 億ユーロが予想される。(2020 年までの) 短期で見ると、(すでに SECA を航行する既存船舶へ取り付ける) 改修需要に大きく影響を受ける一方、以降の期間は新造に関する需要が主となる。2020 年 (または 2025 年) に世界中の燃料の硫黄含有量が 0.5% まで削減されることが与える影響は、世界中を航行する船舶が SO_x 排出を大幅に削減しなければならないことを考慮すると、造船分野にとって極めて大きなものとなるだろう。

技術の向上を阻害する障害は、NO_x の場合と同様、システムの安定性への信頼に関係する。集塵装置の取り付け実績がまだ非常に少ないこともあり、船主らは保守的な姿勢を崩さない。また規則は 2015 年まで発効しないことから対応を急ぐ意味もないが、発効日が近づけばこのことが改修能力にとっての負担となる可能性がある。さらに加盟国の中には要件の施行延期を求める意向を表明したところもあり、規則は不確定性を増している (と受け取られている)。最後に、燃料の価格差が定まらないことも船主の投資決定に当たってのリスクレベルに影響を与えている。

LNG と集塵装置技術のどちらについても EU のメーカーは必要なシステムを作り上げ、この分野でも世界「最高峰」と受け止められている。ただし、ヨーロッパ以外にも数多くの供給業者が存在する。

4.3 トレンド 5 : CO₂ : EEDI、SEEMP および IMO で議論されている施策

4.3.1 推進役

世界的規制

2011 年 7 月、IMO の海洋環境保護委員会はマルポール条約 附属書 VI に基づき CO₂ に関する初めての世界的な強制制度であるエネルギー効率設計指標 (EEDI) と船舶エネルギー効率管理計画 (SEEMP) を採択した。これらの技術的そして運営上の施策に続き、IMO では船舶からの温室ガス排出を抑制するべく経済的手法を検討中である。

EEDIは新造船に対する相対的CO₂設計基準を定めるもので、求められる削減レベルは船舶の種類や規模による。削減レベルは船舶設計段階で技術を適応することにより達成しなくてはならない。第1フェーズ(2015年以降)の削減レベルは基準値から最大10%減で、今後5年ごとに厳しくなっていく。現在、EEDIは全種類の船舶や推進システムに適用されているのではなく、主にばら積み貨物船、ガス運搬船、タンカー、コンテナ船、一般貨物船、冷蔵運搬船や混載船を対象とする。

船舶エネルギー効率管理計画(SEEMP)は船舶運航のエネルギー効率を向上させる運営上の対策/マネジメントツールである。2011年7月、IMOは2013年1月1日より新規および既存の船舶全てについてSEEMPを強制化することを決定した¹¹⁴。SEEMPの目的は船舶ごとに見込まれる排出削減策の大まかな把握、船舶のエネルギー効率の監視、そしてベンチマークおよび/または自発的に設定したエネルギー効率目標を用いた自己評価を促すことである。すでにIMOで策定済みのエネルギー効率運航指標(EEOI)をベンチマークとして使用することができる。SEEMPは運営上そして技術的にも削減策を刺激するものである。システムが自主目標設定の上で動く以上、排出削減策が大規模に採用されるか定かではないが、MAERSK¹¹⁵など先陣を切った運営者の成果は上々で、他社が追随するきっかけとなるかもしれない。

さらに、IMOでは経済的手法(MBM)によるCO₂排出削減も検討中である。複数の政府やオブザーバー組織が排出を抑制するためのさまざまなMBMを提案しており、それらは以下のグループに分けられる：

- グローバル排出権取引制度
- バンカー燃料税から出資するGHG基金
- 船舶効率クレジット取引制度(SECT)
- 効率性インセンティブ制度/差別化したバンカー燃料税
- 統一排出税

4.3.2 市場潜在力の評価

船舶のCO₂削減対策による今後の世界の市場潜在力評価においては、2つの問題点に直面している：

- 今後のCO₂規制の不確定性(特に経済的手法)
- 船主らが採用するソリューション

114 http://www.dnv.it/binaries/Brief%20SEEMP%200811%20description_tcm173-477943.pdf

115 http://www.maerskline.com/link/?page=brochure&path=/about_us/environment/reducing_gas_emissions

IMO の海洋環境保護委員会はグローバルな最初の強制的 CO₂ 対策としてエネルギー効率設計指標 (EEDI) および船舶エネルギー効率管理計画 (SEEMP) を採択したものの、経済的手法の導入には不確実性が残る。また数多く存在する障害 (セクション 4.3.3 参照) の影響もあり、導入される CO₂ 削減ソリューションの種類を判断することも難しい (新たな MBM が導入された場合には、既存船の改修も含まれる)。

こうした不確実性の中、EEDI¹¹⁸がもたらしたコスト効率の高い CO₂ 削減技術によるグローバル市場の潜在性のみが定量的に予測することができる。

EEDI がもたらす CO₂ 削減対策によるグローバル市場の潜在性

斬新な機械的エネルギー効率化技術によって主エンジン出力を削減すること、もしくは斬新な電気的エネルギー効率化技術により補助エンジン出力を削減することで船舶の EEDI への適合を図ることができる。

こうした技術による市場潜在性は次のように見積もられる：

1. CO₂ 抑制対策ごとに、世界の船舶の種類/規模に応じたコスト効率を判断する。抑制対策のコスト効率は、対策によって削減できる CO₂ 量に対する対策実施に必要な正味コストによって示される。
2. CO₂ 削減対策は、コスト効率が高い順に EEDI の削減レベル要件が達成されるまで実施しなければならない。
3. CO₂ 対策にかかる設備投資額の合計を、EEDI がもたらす市場潜在力と理解する。

EEDI の削減目標を達成するため利用できると考えられる技術的対策、そしてコストデータが入手できるケースについて、全世界を対象に見積もりを行った。検討される技術の一覧は Box 4.1 にまとめた。市場潜在力は、以下に言及する削減対策がコスト効率の高い順に実施されることを前提に算出されている。

ただし、ここで算出された市場潜在力は目安に過ぎないことを認識することが重要である。さらに、海運セクターがその時点で一般的ではない革新的技術について、実際に達成される削減の可能性に懐疑的なため採用を渋る可能性もある。そのため海運会社は出力の低いエンジンを採用して減速航行を行う手段を広く用いることを選択とも考えられ、(輸送力の損失を埋められる船舶能力の必要性を高める一方で¹¹⁹) 削減装置の市場潜在性を大きく損なう。

118 EEDI には強制的な排出削減基準がないことから、SEEMP による市場潜在性は考慮に入れていない。

119 スピードが削減されれば航行時間が長くなり、同じ期間に貨物を輸送するのに必要な船舶数が多くなり、船舶需要が高まる。

Box 4.1 検討される CO₂ 削減技術

- プロペラのアップグレード（のみ）
- プロペラボスキャップフィン採用
- 水流の最適化（トランスバーススラスト開放など）
- 主エンジンのチューニング
- コモンレール技術のアップグレード
- 低エネルギー/低熱照明
- ポンプやファンのスピード調整
- 電力管理システム
- 曳航カイト
- 風力エンジン（フレットナーローター）
- ソーラーセル
- 廃熱回収
- 潤滑システム
- 10%または20%のスピード削減

年間の世界の潜在市場は徐々に拡大し、2015年から2019年の期間の年間30億ユーロから2025年から2030年¹²⁰の間には年間100億ユーロが見込まれる。規模の拡大は世界の船舶数の増加とEEDIによる削減レベルの強化がもたらすものである。

2015年から2030年の期間におけるコスト効率化対策の市場潜在力総額は1120億から1240億ユーロの間と見られるが、どの技術を採用するか、また成長シナリオ次第で大きく変わってくる。

表 4.5 EEDI 効果による CO₂ 削減対策の世界的市場潜在力

期間	期間中の合計潜在力	期間中 1年あたり平均潜在力
2015-2019	14-16	3
2020-2024	42-46	9
2025-2030	56-62	10
2015-2060 累計	112-124	

4.3.3 主な障害

市場潜在力は技術的対策を（限界削減費用曲線または MACC により）コスト効率順に

120 CO₂ 削減対策の潜在力が世界の造船価額と比較して短期でおよそ 1%、2025 年以後は最大およそ 3%に相当することを示している。

ランク付けして評価されている。

IMO は GHG 排出を削減する強制的措置 (EEDI、SEEMP) を採択し、それによって 2013 年以降全ての新船は EEDI と SEEMP が必要となった。また EEDI の限界値は今後厳格化される。一方で規則は国が最大 5 年間の猶予を与えることを認めている。経済的手法の導入についてはまだ協議中である。

技術の開発と向上に関するその他の障害は、トレンド 1 に示したものとほぼ同じである (セクション 3.1.3 参照)。

4.3.4 EU 業界のポジションと対応技術

EEDI などをきっかけに、CO₂ 削減対策としてさまざまな技術的オプションが開発されている。3 つの主要なオプションは以下の通り：

- エンジンの燃料消費率 (SFOC) の削減 (エンジンのエネルギー効率を改善するなどによる)
- 炭素含有量の少ない燃料の使用
- エンジン出力の削減 (風力または太陽光電力使用を増やす、船体効率の改善、省エネルギー装置の設置などによる)

これらのオプションは燃料効率を高めるために利用できる対応技術とほぼ重なる (セクション 3.1 参照)。またこれらの技術を開発、製造する業界内のプレーヤーの顔ぶれも似通う。セクション 3.1.4 で述べた通り、造船という観点から見たヨーロッパのポジションは良い。例えば、EEDI 要件を満たすために貢献する技術の多くについては、ヨーロッパのメーカーが市場で優位な立場にある。

4.3.5 結論

2011 年 7 月、IMO は 2013 年以降に建造される新船に対する基準を定めた EEDI を採択し、その中で今後にわたる、より高いエネルギー効率を求めている。さらに SEEMP も導入され、現在 IMO 内では MBM について協議が進められている。EU レベルでは CO₂MBM に前向きである。

CO₂ 削減対策による市場潜在力の評価においては、以下のような判断がなされている：

1. 一定の船舶タイプに関しては、CO₂ 抑制対策のコスト効率性は知られている。
2. コスト効率の高い順に、EEDI で求められるレベルを達成できるまで船舶への対策が実施される。
3. 世界中の船舶に対する投資額合計は、すなわち市場潜在力を表すものである。

この方針を適用した場合、2015年から2030年までの期間の市場潜在力の総額はおよそ1120億から1240億ユーロ、または2015年の年間30億ユーロから2030年までに年間100億ユーロに達すると見られる。この伸びは世界的な船舶数の拡大とEEDIによる削減レベルの強化がもたらすものである。

この潜在力はトレンド1の目標であった燃料効率の向上にも寄与しており、対応する技術もほぼ同じである。

技術の開発と向上に関するその他の障害は、トレンド1に示したものとほぼ同じである（セクション3.1.3参照）。

規制要件に適合するための技術ソリューションは、燃料効率を高めるために利用できる対応技術とほぼ重なる（セクション3.1参照）。またこれらの技術を開発、製造する業界のプレイヤーの顔ぶれも似通う。セクション3.1.4で述べた通り、造船の観点からみたヨーロッパのポジションは良い。

4.4 トренд6：バラスト水と沈殿物の処理

4.4.1 推進役

バラスト水は海において船舶を安定させる役割を果たす。ある水域でタンクに海水を注水し、そして別の水域で排水されることからバラスト水は侵入生物種の原因となる可能性があり、健康への悪影響や生物多様性の喪失などにつながりかねない。

2004年、IMOはバラスト水および沈殿物の管制および管理のための国際条約を採択した。この条約では全ての船舶にバラスト水および沈殿物の管理計画を導入するよう求めている。全ての船舶はバラスト水記録簿を備え、定められた基準¹²¹に従いバラスト水の管理手順を実行することが義務付けられた。

同条約は批准国数については発効条件は満たしたが、批准国の船腹量割合は未だ発効条件を満たしていない。

4.4.2 市場潜在力の評価

Frost and Sullivan¹²³（2010）の見積りによると、2020年までにバラスト水の管理システムを備える必要がある（新規および既存の）船舶は57,000隻を超える¹²⁴。設備投資

121 IMO 2011

123 Frost & Sullivan, 2010, Global Ballast Water Treatment Systems Market

124 この数は現在IMOに登録されている船舶のおよそ半数で、経済的耐用年数が近い船舶は投資を回避するため操業から外される可能性があるため、見積りではシステムを取り付ける船の割合は年々減少することを前提としている。

額は小規模なシステム（200-250 m³/h）で\$175,000 から\$490,000、一方 2,000 m³/h 能力の大規模なものでは\$650,000 から\$3,000,000 と見積もっている。全体で 2013 年から 2016 年までの間は毎年およそ 30 億米ドル、2017 年から 2020 年の期間では毎年 50 億米ドルの市場拡大を見込む。規則が現状のまま導入されることを前提に、累計でおよそ 320 億米ドル、あるいは 250 億ユーロに及ぶ。

Lloyds Register は Frost and Sullivan よりも低い資本支出額を発表しており、小規模装置の価格は 281,000 米ドル、大規模で 863,000 米ドル（LR、2010）¹²⁵と見る。この数字で考えた場合、市場潜在力はいくらか低くなる。

4.4.3 主な障害

バラスト水管理技術に対する需要の高まりを阻む障害

BWM システムの需要の高まりを阻む主な障害は規制の不確定性である。先に述べた通り、批准に必要な国家数は満たしたものの、トン数の基準がまだ達成されていない。ほとんどの関係者が近々の発効を予想しているが、発効の確実性が増すまでは、多くの船主はバラスト水管理システムへの出資をためらうだろう。船主の立場からすれば当然のことで、規則が発効するまで投資に対する利益はあくまで形式的に過ぎない。しかし同時にセクター全体が規則発効の直前に投資を行ったならば、世界中の製造能力、そして造船所の能力は市場機会から十分な利益を上げるためには不十分となる。さらに試験手順の不確定性も懸念されている。

4.4.4 EU 業界のポジションと対応技術

IMO バラスト水条約の批准と発効に従い、船舶は給水または排水時に有機体やバクテリアを殺すバラスト水処理システムを船上に設置することが義務付けられる。さまざまなシステムが開発されているが、その多くはシステムに機械的な方法と化学的な方法を組み合わせたものである。

バラスト水処理システムは至る地域で開発されている。ヨーロッパではオランダの Greenship やスウェーデンの MetaFil AS など、この分野で活発な中小企業も数社ある。またより規模の大きいヨーロッパ企業も活発で、Wallenius と提携するスウェーデンの Alfa Laval¹²⁷、英国の Hamworthy、ドイツの Degussa¹²⁸、そして英国の RWO¹²⁹などがある。

125 Lloyds Register, 2010, Ballast water treatment technology: Current status, 2月、ロンドン

127 <http://www.alfalaval.com/>

128 <http://www.degussa-hpp.com>

129 <http://www.rwo-marine.com/contact/>

4.4.5 結論

2004年にIMOはバラスト水および沈殿物の管制および管理のための国際条約を採択したものの、条約はまだ発効しておらず、あと数カ国の主要船主国の批准を待っている状態である。発効すれば、新規および既存の船舶はバラスト水管理システムの使用などの条件を遵守しなければならない。世界中の船舶数を考慮して、合計潜在力は2013年から2020年の期間についておよそ250億ユーロと推定される。

この需要の高まりを阻む障害は、発効時期など主に規制の不確定性に関係する。船主は投資判断を下す前にこの点が明確化されることを待つ傾向にある。

供給側については、ある程度の数のシステムがすでに承認を受けているが、船主が揃って期限の直前まで待ってから発注することになれば業界の設置能力に懸念が生じる。

5 その他の推進役

第3のカテゴリーである**その他の推進役**は、新たなマーケットを創造し新しいビジネスチャンスを生む気候変動に関係する推進役を取り上げる。ここで述べる2つのトレンドは洋上風力発電所建設を推進するエネルギー政策、そしてそれ自体はグリーンな推進役ではないが、気候変動によって生み出された北極圏における石油、ガス採掘、そして海運のチャンスである。

- トレンド7：洋上再生可能エネルギー
- トレンド8：北極地域

5.1 トレンド7：洋上再生可能エネルギー

5.1.1 推進役

新たなエネルギー供給源に対する需要は気候変動に立ち向かう施策及び目標の2つだけでなく、エネルギー供給の保障といった要因によっても引き起こされる。これにより、再生可能な洋上エネルギーの開発と導入を促進する新たな施策や規制がもたらされている。

ヨーロッパにおいてはヨーロッパ再生可能エネルギー指令(2009/28/EC)が海運以外で造船セクターに対する潜在的インパクトをもち明確な推進役を果たす規制であり、2020年までにEU加盟各国が達成しなければならない再生可能エネルギーの総最終消費エネルギー量に占めるミニマムシェアに関する国ごとの義務目標を定めている。この目標を

達成するため、指令では加盟国に再生可能エネルギー利用を促進し、エネルギーの効率化や省エネルギーを推奨する適切かつ必要な（補助的）対策を講じるよう義務付けている。2020年において、風力エネルギーは発電される再生可能エネルギーの80%を超える主要電源となり、そのうち25%は洋上風力タービンで発電されると期待されている¹³³。その他の洋上エネルギーとしては潮や波を利用したエネルギーや、OTEC（海洋温度差発電）といった技術があるが、これら3つはまだ開発段階にあり今後10年間に大規模な開発は期待できない。¹³⁴

ヨーロッパ海域には2009年までにおよそ2.9GWの洋上風力発電が設置され、2010年にはさらに1.8GWの建設が進められた。また18.8GWが各国政府の承認を受けて近年中に建設予定となっている。ウィンドパークを建設している主要な国としては英国、ドイツそしてデンマークがある。オランダ、スウェーデン、アイルランドでも大規模なウィンドパークの建設が承認され、近いうちの着工を見込む。ヨーロッパ環境機関ではヨーロッパの潜在的競争力は2020年には2,800TWh、さらに2030年には3,500TWhまで達すると予測する¹³⁵。設備容量は、EWEA（2010）によれば2020年までにおよそ40GWが洋上に設置され、2030年までに150GWが見込まれる¹³⁶。その頃までにはヨーロッパの風力エネルギーの78%が洋上発電でまかなわれることになる。

他にも世界各国で洋上風力エネルギーに対する大型の投資が進められている。

5.1.2 市場潜在力の評価

洋上ウィンドパークが増えることで、造船セクターには特別仕様の船舶のほか、風力タービンのプラットフォームや基礎の需要による市場機会が生まれる。また従来よりも陸地から離れる傾向があることから、新たな技術ソリューションを通じたR&Dやイノベーションが求められている。

Box 5.1 陸地から遠ざかるウィンドファーム

2010年に建設されたウィンドファーム建設地の平均水深は17.4mで2009年に比べて5.2m深く、また現在建設中のプロジェクト平均は25.5mとなっている。陸からの平均距離は2010年に12.7kmから27.1kmまで延びたが、それでも現在建設中のプロジェクトの平均35.7kmよりはるかに陸に近い。

出典：EWEA 2011、2010年ヨーロッパ洋上風力産業主要トレンドおよび統計

133 EWEA (2011)、Pure Power 2020年から2030年までの風力電力目標

134 Ecorys (2012)、Blue growth 第3次中間報告書

135 CESA 年次報告書 2010-2011 (2011)

136 ヨーロッパの洋上風力産業-主要トレンドと統計：2010年上期。EWEA 2010年8月

市場潜在力の分析においては、ヨーロッパの開発計画は造船セクターにとって関連市場になると見込む。ヨーロッパ内で勢いを増す拡大傾向は新たな船舶の開発につながると期待されている。サービス分野では、これまで石油、ガス業界で活動してきた業者が新船ではなく改修した船舶を利用して洋上サービスを提供している。しかし、洋上風力開発が進みタービンサイズの高さや直径が大きくなって、水深がこれまでより深い場所に建築されるようになるにつれ、設置作業、操作ともに複雑化し使用する船舶に対する技術的要件も高まっている。

新船については、風力エネルギー導入に関する施策が遅れている（北海域の現況からも明らかである）こともあり、はっきりした市場の需要を見積もることは困難である。しかしながらウィンドパークごとに使用される船舶数から種類別の率を割り出し、すでに利用可能な船舶数を考慮に入れた大まかな予測は可能である。これらの見積りは最近のKPMG 報告書¹³⁷を元に行った。

KPMG はヨーロッパにおける洋上風力発電用船舶や構造体の市場潜在性、すなわち予想される洋上ウィンドパーク数、その規模、陸までの距離、そして水深の伸びに伴う需要の予測を行っている。推定能力はヨーロッパ全体で 2020 年までに予定されるさまざまなイニシアティブの建設計画をベースにして算出している。つまり、現在各地で直面している遅延によって市場潜在力は弱まる（または延期される）ことを意味する。一方、現在すでにある船舶全てがヨーロッパのウィンドパーク建設に利用可能であることを前提としており、各地で計画されているウィンドパーク建設のために建造する必要がある船舶数は考慮されていない。従って、下の表 5.1 に示した数値は控えめな見積りと考えることができる。

最も多く用いられる船舶の種類とタービンユニットに関する市場潜在力を下にまとめた。（建設/設置作業用とフィールド作業用の両方の）船舶と、構造体そのもの（基礎やジャケット、プラットフォーム、部品）の生産とで分類した。後者は造船所で製作することができるが、さまざまな工程があり全ての造船所がそれに相応しい設備や生産技術がある訳ではない。例えば造船所内で構造物を建設することが技術的に適している（クレーンや建設スペース、製造施設の規模など）必要がある。また連続生産を受け入れ、構造体をより安く作るためのコスト構造変更も必要で、その能力を示す十分に示さなければならない¹³⁸。

137 KPMG (2011)

138 出典：KPMG (2011)

表 5.1 ヨーロッパ需要をベースにした 2020 年までの洋上風力発電船舶の市場潜在力
(単位：10 億ユーロ)

船舶のタイプ	追加ユニット数	ユニット平均単価 (百万ユーロ)	市場潜在力 (10 億ユーロ)
発電設備設置船 ¹³⁹	11	150	1.65
敷設船	15	55	0.8
サポート船 (メンテナンス&クルー宿泊施設)	37	20	0.74
クルー移動船	117	7.5	0.90
修理船	49	45	2.20
基礎 (ジャケット) ¹⁴⁰	2,067	4.4	9.10
プラットフォーム	120	20	2.4
部品 (各種) ¹⁴¹			0.50
合計			18.59

出典：KPMG (2011) に基づく Ecorys

全体としての潜在力はおおよそ 190 億ユーロに達する。期間を 10 年とすれば、1 年につきおおよそ 20 億ユーロとなる。

5.1.3 主な障害

洋上ウィンドパークの設置と維持に必要な技術開発に対する障害

世界的に見た場合、洋上ウィンドパーク建設に必要な技術の開発に関する障害は特に見あたらない。むしろ、技術はすでに確立されている。ヨーロッパについて言えば、主な障害は技術開発にではなく技術の向上にあり、正当な試験を経ずに利用されているシステムが存在する問題に直面している¹⁴²。また部品や構造体の製作に関しては、ウィンドパーク建設と造船とでは作業が大きく異なることから造船所によっては必要なインフラや技術を備えていない可能性がある。

洋上ウィンドパークを設置および維持する技術の向上における障害

サポート船に関しては、作業に加わる数自体が比較的限られていることから技術の向上はあまり望めない。しかし風力タービンや基礎に関しては技術の向上が不可欠だ。重要な要素は立地であり（洋上開発現場に隣接した建設）、複数のパークを近接して建設す

139 現在世界にある設置船の数：26 隻

140 ヨーロッパの全ウィンドパークが基礎にジャケットを使用すると仮定。

141 ブレード、 Gondola や トランジションピースなどの幅広い部品が洋上ウィンドパークの建設に必要とされるだけでなく、使用される船舶の修理や維持のためにも部品は使われる。造船所はそういった部品を組み込む作業を担うことができる。ヨーロッパ海域で作業を行うことに伴い修理需要も生じる。

142 EWEA, ヨーロッパの洋上風力産業 2011 年-2012 年トレンドと統計

ることスケールアドバンテージが生まれる（以下のセクション 5.1.4 参照）。しかし現実的にはパークは段階的に建設されるため、このことは製造能力を向上させる際の障害とは見られていない。洋上の風力装置を陸上の施設と接続するために必要な高電圧海中ケーブルの不足は考えられる。ただ、これまでこの種のケーブル製造はヨーロッパの数社に限られていたが、現在では多くが市場参入しているため不足は最小限のものとなるだろう¹⁴³。

ヨーロッパの造船所はこの市場において概して比較的優位なポジションにあるが、全てのサブセグメントについて同じではない。特に設置船は造船実績に限られ、ヨーロッパ業界にとっては市場潜在力の恩恵を受ける上での障害となりえる。Sietas による初めての船の完成はこのマーケットへの参入の第一歩とみなされ、以後同様の受注を獲得することにつながった。その後発注のあった 11 隻の設置船のうち 3 隻はヨーロッパ企業が受注している。洋上風力設備のその他の分野（敷設船、補助船、ジャケット、プラットフォーム）についてはヨーロッパには実績があるため同様の懸念はない。

洋上風力パークを設置および維持する技術の需要高まりを阻む障害

洋上風力セクターには成長のペースを落としかねないいくつかの障害が存在している。主なものは**規制と予算の不確定性**である。多くの政府が洋上風力ファームの建設を計画しているものの、電力開発業者や造船業者には政府が投資を遅らせたり中止したりするのではないかと懸念がある。各国ともに予算削減を余儀なくされており、洋上風力発電は政府の予算なしでは商業的に完全に採算が合うとは言えない。そのため、2020 年までに実現する風力パークは計画された数を下回ることになるだろう。

確実性が欠如していることで**資金調達にも問題**が生じる。銀行の多くは新規の（複雑で非常に特化された）船舶建造への資金融資に消極的である。建設中のみならず完成時のエンドファイナンスにも影響を及ぼす。

洋上風力開発における、より全般的な障害としては**価格レベルと化石燃料相場が変動しやすい**ことが挙げられる。風力エネルギーは化石燃料による電力に代わるものであるため、燃料費が高騰すれば風力エネルギーは魅力的な代替エネルギー源となり、金融上の実現可能性も高まる。一方化石燃料の価格が下落すれば、逆の状況になる。そうしたことから価格の不確定性は高い投資コストと相まって投資家/投資銀行業者/開発者にウィンドファーム着工を躊躇させる理由となっている。そしてそれが間接的に新造船の需要にも影響を及ぼしている。

143 EWEA, ヨーロッパの洋上風力産業 2011 年-2012 年トレンドと統計

洋上での空間計画も障害となる場合がある。海ではさまざまな利害が交錯し、それぞれが利権を主張しあう。海運、漁業、砂の採掘、ケーブルやパイプ、保護区であるナチュラ 2000 もその一例だ。それらのいずれも譲らず、紛争につながることもある。計画にあたって明確なルールが存在しない場合、準最適な状況とならなければ意思決定が遅れることになる。欧州委員会の海洋空間計画方針¹⁴⁴は、この障害を減らす努力の一環として策定された。

沖合のパワーグリッドの利用可能性も特定の障害となりうる。洋上風力エネルギーへ電力グリッドを接続するには多大な投資が必要である。電力グリッド開発が組織的に行われない場合、投資リスクの判断においてはシステム全体でなく個別のプロジェクトに対するものとなるため、最善の評価は見込めない。北海諸国は協調的アプローチのためのフレームワークを洋上電力網構想の形で確立させている。

5.1.4 EU 業界のポジションと対応技術

洋上ウィンドパークの建設と操業に必要な技術には設置船、敷設船やその他のサポート船を含むさまざまなコンセプトが混ざり合う。さらに基礎、プラットフォーム、部品のための機材やタービンユニットを組み立てるサービスも必要となる。これら個々の技術はすでに開発されているが、次第に深く陸から離れた場所へ設置される、規模を増したタービンのためには継続的な技術開発を要するため、NO_x や SO_x の場合のように単純にグループ化することはできない。

設置船

クレーンを装備した設置船は風力タービンのあらゆるパーツを設置することができる。洋上風力産業に特化して設計された設置船は世界中にわずか数隻しかない。2010 年のデータによれば、世界中で特別仕様の船舶が 11 隻操業中で 15 隻が建造中とある。それらの新しい船は 2015 年に市場へ出される¹⁴⁵。

144 COM (2010)0771、EU 海洋空間計画方針-成果と今後の開発

145 KPMG (2011)

図表 5.1 設置船の例



出典 : <http://www.bowind.co.uk/popup27.htm>

特殊設置船と並び、元々は石油、ガス産業のために設計され使用されていた船舶も洋上ウィンドパーク用の設置船として使用されている。それらは機能的にはウィンドパーク建設に使用できるものの大き過ぎるために費用もかさみ、チャーター費は特殊船舶に比べると高くなる¹⁴⁶。

2011年4月に発注されている設置船のほとんどは中国、韓国またはドバイで建造される¹⁴⁷。しかし、同時期に3隻の設置船がヨーロッパの造船所へも発注されており、ドイツの造船所 Sietas も受注した¹⁴⁸¹⁴⁹。ヨーロッパの造船所の実績が十分でないことはオペレーター、銀行のどちらにとっても不安材料となっている。主にアジアで建造されているものの、設置船のほとんどは Wärtsilä Ship Design、GustoMSC や Knut E. Hansen といったヨーロッパの設計事務所が設計している。

石油、ガス業界でも多くの設置船がヨーロッパ以外で建造されている。この分野で好調な造船所は DSME や COSCO だが、ここでもやはり設計は主にヨーロッパ企業が担う。GustoMSC や Ulstein Sea of Solutions などが石油、ガス業界で使用される設置船の設計を行っている¹⁵⁰。

146 KPMG (2011)

147 中国では、COSCO Nantong Shipyard Co. Ltd が現在設置船を建造中。韓国では Daewoo Shipbuilding & Marine Engineering Co. Ltd と Samsung Heavy Industries Co. Ltd が建造中。ドバイは Drydocks World と Lamprell plc がそれぞれ設置船の建造中。

148 KPMG (2011)

149 2011年11月、Sietas は破産を申請している。

150 <http://www.iro-noc.nl/industry.php>

ケーブル敷設船

ウィンドパークの内と外では操業する敷設船が区別されている。後者は前者よりも大型の船舶を使用する。大型敷設船は 8,000dwt まで、あるいはそれ以上の規模がある。小型の敷設船は最大で 4,000dwt 程度である。

世界中でこれまでに 92 隻がケーブル敷設に特化した船として建造されている。これらの特殊船舶とともに 18 隻が敷設船として転用することができる（フレキシブル用途戦略による。セクション 2.5 の浚渫船に関する記載を参照）。合計で 110 隻がウィンドパーク建設に使用でき、うち 26 隻はヨーロッパ以外で操業することはない¹⁵¹。

敷設船について重要な問題となるのは経年数である。とりわけ小型の敷設船（最大 4,000dwt）は極めて古い。多くは 1975 年から 1990 年の間に建造されており旧式と考えられている。それらの船は適切な装備や技術を備えていないためウィンドパークの敷設船としての役割を十分に果たすことができない¹⁵²。

ヨーロッパで計画されている全てのウィンドパークを建設するにはおよそ 15 隻の新しい敷設船が必要である。

もし同時期に（アジア、米国など）ヨーロッパ以外でウィンドパークが建設されることがあれば、小型敷設船に対する需要は一層増す。しかし大型敷設船が追加建造されるのか、別の船舶が敷設船へ転用されるのか、または新たな敷設方法が開発されるか、いずれも不透明である。

業界関係者によれば、ヨーロッパの造船所は新規の敷設船建造については優位なポジションにあるという。オランダの IHC Merwede やノルウェーの Drammen Yard など、ヨーロッパのいくつかの造船所は敷設船建造に十分な実績がある。現在ある敷設船の多くはヨーロッパで建造されているが、しかし新規の発注はアジアの造船所へも行われている。

サポート船

このグループには建設期間中の任務や、メンテナンス、修理サービスを含むオペレーション上の任務（前出の表 5.1 参照）に必要な各種の船舶が含まれる。使用される船舶は非常に特化されており、特にメンテナンス分野（メンテナンス、クルー宿泊船、クルー移動船（CTV）や修理船）ではヨーロッパの造船所がほとんどを手がける。また関係者はこのマーケットではヨーロッパが現在強いポジションにあり、ウィンドパークに対す

151 KPMG (2011)

152 KPMG (2011)

る需要が高まれば、それらの専門的船舶に対する需要も高まると考えている。

メンテナンス&クルー宿泊用の船舶は、クルーメンバーの宿泊施設であり、陸地から遠く離れたウィンドパークで使用されている。陸地から 60km 以内のパークではクルー宿泊船は使用せず、それより遠いパークでは毎日のクルー移動が時間を消費することから宿泊船を利用する。2020 年までに計画されているヨーロッパ内の全ウィンドパークを建設し維持するためにはおよそ 37 隻のメンテナンス&クルー宿泊船が必要となる¹⁵⁵。

クルー移動船はクルーメンバーを陸からウィンドパークへ輸送するために使用すると同時に軽い機材や消耗品も運ぶ。特にウィンドパークが陸地から遠く離れている場合、CTV はクルーメンバーと資材の両方を担う。KPMG の試算によれば、2020 年までの間に 117 隻の CTV が必要になる。

最後に、修理船も必要である。ナセル（風力タービンの覆い）や回転翼の翼などの部品補給を行い、2020 年までにヨーロッパではおよそ 49 隻が必要となる。アジアや米国でもウィンドパークが建設されることになればさらに多くの需要を生み、ヨーロッパの造船所の市場潜在力も増す。

基礎（ジャケット）

ウィンドパーク建設に使われる基礎にはいくつかの種類があり、パークの立地により選択される。ウィンドパークが水深 20 メートルまでの場所であればモノパイル式、より深い場所ならば主にジャケットに建設される。モノパイル式は比較的簡単で、ヨーロッパはモノパイル構造体の建設に強力なポジションを維持しているが、アジアの国々でも技術開発が進む。中国も始めてモノパイル式の建設を行ったが、品質はあまり高くないとの報告がある。モノパイルは長距離の輸送が容易であることから、競合の少ないジャケットなどの部品と異なりヨーロッパとアジア間の競争は激しくなることが予想される¹⁵⁶。業界関係者の多くは、この分野はヨーロッパの造船所にとってあまりチャンスにならないとみる。

ジャケットは水深 55 メートルまでのパークに用いられる。ジャケットは大規模な基礎で、製作には大きなスペースが必要になる。そのため長距離輸送は費用がかかることから、ジャケットは使用される場所の近くで製作されることが望ましい。従って、アジアで製作されたジャケットがヨーロッパで使われること、あるいはその逆はまずない。ヨーロッパの造船所は洋上ウィンドジャケット製作の実績がある。ベルギーのアントワー

155 KPMG (2011)

156 KPMG (2011)

プ近郊に建設された洋上ウィンドファーム Thonton Bank 2 に使用されたジャケツトはその一例である¹⁵⁷。また現在石油、ガス産業向けのジャケツトを製作している企業も業務拡大のために洋上ウィンドファーム向けのジャケツト製作に参入することも予想される¹⁵⁸。造船所にもジャケツトに関わる製作業務を受注できる可能性がある。

ただし、競争の激化も予想される。ウィンドパークへの需要が高まるにつれ、パークはどんどん水深の深い場所へ設置されるようになることから、ジャケツトに対する需要も高まる。この新たなマーケットへの参入を狙う企業は、その技術を要す石油、ガスプラットフォームメーカーを含め多数ある。

プラットフォーム

プラットフォームはジャケツト同様、建設現場の近くで製作しなければならない。プラットフォームもサイズが大きく輸送が困難であることから、ヨーロッパのウィンドパーク向けの製作は同じく近隣の国々で行われることとなり、アジア勢との競争に限られる。また、東欧の造船所はプラットフォーム製作の技術が不十分なため、西欧と東欧の競争も限定的であるといえる¹⁵⁹。

石油、ガス産業向けのプラットフォーム製作から得られる経験は多い。例を挙げれば英国の Hadrian 造船所はプラットフォーム製作の経験が豊富である¹⁶⁰。スペインの Dragados Offshore¹⁶¹もプラットフォームを手がけている。ベルギーの Scaldis Salvage Marine¹⁶²はプラットフォームの設置経験が豊かである。

洋上石油、ガス施設サポート船の役割

石油、ガス用のプラットフォーム設置船から転用した船は大き過ぎてコストもかさむものの、この産業からは他のタイプの船が利用できる。オフショア船建造の主要造船所は STX Europe（ノルウェーに艀装工場、ルーマニアに船体建造工場）、ベルゲングループ（ノルウェー）、そして Keppel Offshore & Marine（アジア拠点だが、ヨーロッパにも設備をもつ）である。この分野には小規模企業も少なくなく、一部にやや専門化した企業もあるが（例えば、オランダの IHC は浚渫船から敷設船などの関連分野へ進出）他は一般的な形で参入している。

上述のことから、ヨーロッパのメーカーはこの分野でよいポジションにあり、最低限で

157 <http://offshorenieuws.nl/2011/10/10/foundation-installation-at-thornton-bank-2-completed/>

158 KPMG (2011)

159 KPMG (2011)

160 <http://www.ft.com/cms/s/0/e228954c-3eac-11e0-834e-00144feabdc0.html#axzz1iO258NOq>

161 http://www.dragadosoffshore.com/presentacion_historia.asp

162 <http://www.scaldis-smc.com/oilgas.htm>

も需要の一定量を受注できると結論付けられる。

洋上ウィンドパーク建設特有の問題点は過酷な気象条件による工期遅延の可能性である。遅延がもたらす最大の影響は船舶の用船料によるコスト増である。その追加コストが原因で洋上風力プロジェクトの魅力は低下してしまう。洋上の工期遅延を最小限にとどめるためにはタービンの製作をできるだけ多く陸上で済ませるべきで、そのために多くの努力がなされている。

5.1.5 結論

政策面では、ヨーロッパのエネルギーミックスに占める再生可能エネルギーの割合を高めることが熱望されており、そのことがエネルギーの安全保障と相まって洋上ウィンドパーク開発への関心を高めている。2020年までに洋上風力はヨーロッパで発電される再生可能エネルギーのおよそ40%をカバーすると予測されている。現在設置されているおよそ5GWの発電能力は2020年には40GW、さらに2030年には150GWに達する見込みである。それと同時に洋上パークは陸からいっそう離れた水深の深い場所に建設され、規模の大きさや設置の複雑さが増すことから、専門化された設置技術や特殊船舶への需要は高まると見られる。

こうした要因による市場潜在力を、計画中のパークの建設と操業に必要な船舶数から試算した。試算には設置船、敷設船、サポート船（メンテナンス、クルー宿泊やクルー輸送）、修理船、そして基礎、プラットフォームやその他部品の製作を含む。全体として市場潜在力は今後10年間にヨーロッパで計画されているウィンドパークだけで190億ユーロ、1年あたりおよそ20億ユーロに達すると見られる。アジアや北米でも計画が進行中であり、数字はさらに伸びると考えられる。

この市場潜在性に対する障害は：

- 規制や予算の不確定性: EUのエネルギー方針は明確な目標を設定済みである一方、加盟国レベルでは経済危機後にあつて予算削減を迫られていることから消極的な姿勢で決断を先延ばししている。
- その結果、プロジェクトの安全性が明確でない限り銀行が融資を渋り、投資家や造船所は資金面で問題に直面している。
- 洋上風力発電における資金上の実現可能性は、化石燃料の価格レベル（および変動性）による。一般的な予想としては石油価格がさらに上昇していくと思われるが、短期的な変動によっても投資家の回収期間は変動するため意思決定を鈍化させている。
- 複数の当事者によって洋上の利用が過密化すれば、海洋空間計画において対立が生

じることとも今後考えられる。明確な計画ルールの開発が障害となる対立の減少に貢献するだろう。

- ウィンドファームの開発が徐々に沖合へ進み、より大規模な構造を使用するようになるにつれて、さまざまな（より過酷な）環境での作業実績や効率的な制作方法の開発など技術的課題が生じる。

EU 造船産業は概ね良いポジションにあるが、要素ごとの市場潜在力には差が見受けられる。設置船の分野では現在までの建造実績が全体として少なく、また参入しているヨーロッパ企業も少ない。アジアの造船所が建造を手がけているケースに関してヨーロッパの設計事務所は活発に動いている。一方、敷設船の数ははるかに多く、種類も長年にわたり存在し他のセクター（電力網、通信）でも採用されてきた。大きな特徴は、他のプロジェクトの用途に変更もできるフレキシビリティにある。実績あるヨーロッパの造船所は数箇所あり、中には洋上石油、ガス施設の経験をもつところもある。サポート船としてはメンテナンス船、クルー宿泊船、そしてクルー輸送船などさまざまな種類の船舶がある。ヨーロッパの造船所は潜在市場の大きなシェアを獲得できる見込みである。

基礎、プラットフォーム、そしてその他部品の製作は状況の異なる分野である。とりわけサイズの大きなプラットフォームの場合、設備の設置現場から離れた場所で製作すれば輸送コストが高くなり過ぎるため立地が重要な要素となる。そのことから、洋上ウィンドパークに近いヨーロッパの造船所が優位とみられる。

5.2 トренд 8：北極地域

5.2.1 推進役

気候変動はさまざまな物理的影響を招き、その結果、造船産業に新たなビジネス分野を生む。具体的には北極圏で予想される変化が挙げられる。ここでは 2 つの分野を取り上げる：

- ヨーロッパーアジア間を結ぶ北極横断航路の開設
- 海底に埋蔵されている石油、ガスやその他の鉱物資源の利用増加

北極海の氷が溶けることによって、特にロシア北部の北極海航路、そしてカナダ北部の北西航路など北極海のルートがこれまでよりも利用しやすくなる。北極海航路は現在年間およそ 20～30 日間利用でき、それが 100 年以内には年間 120 日程度まで伸びると予想されている。2100 年までには氷への耐性を強化した貨物船がこの航路をエスコート船なしで年間 170 日運航できるようになるだろう¹⁶⁴。しかし氷が実際にどの程度のペー

164 Claes Lykke Ragner (2008)

スで溶けるかは不透明であることが開発や北極海で航行可能な船舶の建造を遅らせ、今後 10 年間の市場潜在力を限定的にしている。

現在、北極海航路はロシアの排他的経済水域（EEZ）を横断することから、航行するには同国政府に対して砕氷船支援料金を、たとえ支援を要しない場合でも支払わなければならない。支払いを避けるためロシアの EEZ を回避することは、航路にあたる北極海が凍っていることから長い間技術的に不可能であり、仮に溶けたとしても大西洋 - 太平洋航路から北極海へ貿易をシフトすることに対する商業的反応は未知数である¹⁶⁵。

需要は石油、ガス産業からもある。北極海地域では 147 か所の石油、ガス田が特定されている¹⁶⁶。それらのうち合計 25 か所が現在操業中で、あと 13 か所が数年以内に始動する予定である。そのほかにも 101 か所が開発可能なエリアと見られるが、具体的な計画はまだない。それらの操業開始にはコストが高いなど困難があることから、2020 年以前に開発されることはないと予想されている¹⁶⁷。北極海地域で石油、ガス田の探査活動を行おうとしている国々は、ロシア、米国、カナダ、ノルウェーとグリーンランドである。

この推進役がもたらす造船需要は主に砕氷船で、輸送ルートや北極海の石油、ガス採掘現場へのルートを開くために使用される。この最後のカテゴリーにはハイテクアイスクラス船舶と呼ばれる船舶も必要である。その仕様は、石油だけ、またはガスだけであるのか、あるいは水深、水圧など石油、ガス田ごとの特徴によって異なる。

5.2.2 市場潜在性の評価

砕氷船のマーケットは数の上では比較的小規模である。しかし砕氷船は一般的価格帯として 1 億 5000 万から 7 億ユーロ¹⁶⁸と極めて高額であることから、価額からみた潜在力は非常に大きい。数年以内には米国、カナダやロシアといったこの分野の船舶を保有する最も重要な国々が 15 - 20 隻の新船を、一部は現在保有している船舶の代替えとして、または追加船舶として発注することが予想される。その数の 50%が追加であると仮定し、それらが 2020 年までに発注された場合、前述の価格帯の平均をとれば 1 年につき新船 1 隻または 4 億ユーロの市場潜在力がある。

砕氷船に並び、耐氷船も必要である。耐氷船は北極海を航行する商用船で、北極海航路

165 Lykke Ragner (2008)

166 <http://www.infield.com/market-forecast-reports/offshore-arctic-frontiers-market-report?JScript=1>

167 <http://www.infield.com/market-forecast-reports/offshore-arctic-frontiers-market-report?JScript=1>

168 Korean Herald 記事「北極海利権を確保する砕氷船」、カナダ沿岸警備隊「The CCGS John G. Diefenbaker 国営砕氷船プロジェクト」、Bloomberg 「ロシア北極海ルートがスエズ運河に対抗することで利益を得る Sovcomflot IPO: 輸送市場」の数字から独自に試算。数字の幅が大きい理由は、船舶の規模や種類が幅広いことによると見られる。

や石油、ガス市場のために利用される。その需要は氷のない期間の長さや北極海航路を利用する船舶数に左右される。市場潜在力は年間 5 億ユーロと考えられるが、それを裏付ける資料はない。

最後に、北極圏の原始的生態系を損なう活動が増えたことによる環境への懸念から、黒色炭素の排出抑制や最終的には無公害船舶の建造を目指すものなど数多くの研究プログラムにつながっている¹⁶⁹。しかし、それが新たな市場機会を生むのは 2020 年以降のことである。

5.2.3 主な障害

砕氷船と耐氷船の需要の高まりを阻む障害は 3 つのグループに分けられ、それぞれが需要の高まりに関係し、また気候変動の不確実性によるものと考えられる。

北極海航路のアクセス

現在、北極海航路が開通するのは年間 20 - 30 日間のみに限られる。氷が溶けることによって航路は現在よりも長い日数開通するようになると予想されているが、その時期は不確定であることから耐氷船や、おそらく砕氷船についても投資を控える動きにつながっている。

もうひとつ、北極海航路の商業的成功を妨げるものとして挙げられるのはロシアによる徴税である。砕氷支援が高額であるため、アジアに向けた商船はスエズ運河を通過する既存航路を好む傾向にある。

新造船への融資

砕氷船の一部は政府の所有であり、特に建造費用が高いことから新造船への支出は限られている。商用としても、上で述べた市場の不確実性が融資に対する障害となっている。

北極圏石油、ガス田探査に対する障害

北極圏の石油、ガス田の探査についても、環境に関する懸念の高まりから障害が生じている。北極圏は貴重な原始的自然環境と考えられ、損傷を受けやすい環境を破壊から守るために厳格なルールの遵守が求められている。そうした環境保護や緩和手段にかかる追加コストが高いことから多くの企業が参入をためらっている。

そのため、石油、ガス田の開発がどのようなペースで進められるのかもまた不確かとな

169 米国商務省国立海洋大気管理 FP7 プロジェクト ACCESS(Arctic Climate Change, Economy and Society)のための「北極海海運排出目録と今後のシナリオ」Corbett J.J.e.a (2011)など参照。

っている。可能性があるとされる合計 147 か所のうち、現在操業可能となっているのはわずかに 25 か所である。今後 10 年間にさらに 13 か所が開発される（と決定されている）が、その他については開発の是非や時期についても白紙の状態である。石油、ガス探査については資金面の問題も間接的に同じ商業上、そして気候の不確定性の影響を受けている。企業は十分な自己資金があるか、または石油、ガス田の開発へ投資を希望する出資者を探さなければならない。

5.2.4 EU 業界のポジションと対応技術

砕氷船の代表的建造国はフィンランドである。現在操業中の砕氷船のうち、ロシア北極海で操業中のものも含めておよそ 60%は同国で建造されている。フィンランドとロシアの関係を強化するため、それぞれの代表的造船所であるロシアの United Shipbuilding Corporation とフィンランドの STX は Artech Helsinki Shipyard という合弁企業を設立し、砕氷船とハイテクアイスクラス船舶に特化した事業を行っている¹⁷⁰。すでにロシア企業 Sovcomflot から多用途砕氷補給船 2 隻を含む受注を受けている。それらの船舶は Arkutun-Dagi フィールドにある Exxon Neftegas Limited のガスプラットフォームへの補給船として使用する他、海域の氷を除去するためにも使用される。同社ではさらにロシア交通省¹⁷¹の緊急救援用船舶を建造する予定である。カナダと米国は現在のところ自国で砕氷船を建造している。

また韓国でも調査砕氷船を建造し、現在北極海で操業中である。これは韓国が建造した初の砕氷船であり、まだ試験段階にある。この砕氷船のほかにも韓国は耐氷船を建造中で、主にタンカーやばら積み貨物船として使用する目的だ。それらは北極海を航行できるほか、「通常の」公海での航行も可能である¹⁷²。

どちらの砕氷船、耐氷船についても主な設計と調査は Aker Arctic が手がけた。フィンランド企業である同社は STX Group の傘下にあるが、自社の名称の下で経営しており、設計の試験ができる民間所有としては唯一の氷試験モデルドックを所有している。同社では全砕氷船の 60%を手がけるほか、北極海、南極海調査船多数、無数の貨物船や洋上設備の設計も行っている¹⁷³。造船はフィンランドの STX が行う。

5.2.5 結論

気候変動は北極圏の氷被覆率に影響を与える。気候が年月と共に上昇するにつれ海路が利用できるようになり、石油、ガス田へのアクセスも容易になる。しかしそうしたチャ

170 Artech Helsinki Shipyard OY (2011)

171 <http://www.shippingexplorer.net/en/ports/view/58-helsinki>

172 <http://byers.typepad.com/arctic/2011/08/asian-juggernaut-eyes-our-golden-waterways.html>

173 <http://www.akerarctic.com/company.htm>

ンスを生かすためには砕氷船や耐氷船が必要である。全体の潜在力としては 2020 年までに砕氷船 15 - 20 隻程度、年間およそ 4 億ユーロが見込まれる。またそれと共に貨物輸送用や洋上石油、ガス施設用の耐氷船の需要が生まれ、さらに年間およそ 5 億ユーロが予想される。

この市場潜在性を享受することを阻む要因は気候の不確定性（氷がどの位のスピードで溶けるのか；北極海航路の開通日数を左右する気候の不安定性）、そして商業的要素（ロシアが現在徴収している高額の砕氷費用）に関係している。さらに新規砕氷船への投資は、場合によっては投資判断のカギとなる各国政府レベルの資金援助不足に阻害されている。

石油、ガス開発については貴重であり損傷を受けやすい北極海の原始的な環境に対する懸念から、これまでよりも複雑なフィールドでの操業開始をためらわせている。

現在まで、現役操業中の砕氷船のおよそ 60%がフィンランドで造られ、同国は市場シェアと知識レベルで世界トップの地位を築いている。主要顧客であるロシアとの戦略的提携はその地位を確固たるものにしていく。

この報告書はボートレースの交付金による日本財団の助成金を受けて作成しました。

欧 州 造 船 業 概 況 調 査
JSC アニュアル調査シリーズ 2012 年度

2013 年（平成 25 年）3 月発行

発行 日本船舶輸出組合
〒105-0001 東京都港区虎ノ門 3-2-2 虎ノ門 30 森ビル
TEL 03-5425-9673 FAX 03-5425-9674

JAPAN SHIP CENTRE (JETRO)
2nd Floor, 6 Lloyd's Avenue,
London EC3N 3AX, United Kingdom

一般財団法人 日本船舶技術研究協会
〒107-0052 東京都港区赤坂 2-10-9 ラウンドクロス赤坂
TEL 03-5575-6426 FAX 03-5114-8941

本書の無断転載、複写、複製を禁じます。

